

C.2.2.4.7

SKS-31/18.2.80

TVH 722336

TIEN RAKENTEEEN PARANTAMINEN SUUNNITTELUOHJE

**TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
TIENSUUNNITTELUTOIMISTO
MAATUTKIMUSTOIMISTO**

TVH 722336

28.1.1980

TIEN RAKENTEEEN PARANTAMINEN
SUUNNITTELUOHJE

Tie- ja vesirakennushallitus
Tien suunnittelutoimisto
Maatutkimustoimisto
TVH 722336

28.1.1980

0. Y L E I S T Ä	1
1. S U U N N I T T E L U L Ä H T Ö K O H D A T.....	1
1.0 YLEISTÄ.....	1
1.1 MITOITUSLIIKENNE.....	2
1.2 TAVOITEPOIKKILEIKKAUS.....	4
1.3 PÄÄLLYSTETYYPIN VALINTA.....	4
2. V A N H A N T I E N T U T K I M I N E N.....	6
2.0 YLEISTÄ.....	6
2.1 ROUTIVUUDEN ARVIOINTI.....	6
2.11 Routivuuden tutkiminen	
2.12 Tien osittelu routivuuden mukaan	
2.2 KANTAVUUDEN MITTAUS JA TULOSTEN KÄSITTELY.....	9
2.21 Kantavuuden mittausmenetelmät	
2.22 Mittausten ajankohta ja sijainti	
2.23 Mittaustulosten käsittely	
2.3 VANHAN TIEN RAKENTEEEN TUTKIMINEN.....	12
2.4 PEHMEIKKÖTUTKIMUKSET.....	13
2.5 KUIVATUKSEN PARANTAMISTARPEEN SELVITTÄMINEN.....	14
3. R A K E N T E E N P A R A N T A M I S E N S U U N - N I T T E L U.....	16
3.1 KANTAVUUDEN PARANTAMINEN.....	16
3.11 Tavoitekantavuus	
3.12 Rakennevaihtoehdot ja kantavuusmitoitus	
3.13 Vanhan soratien vahvistaminen	
3.14 Vanhan öljysoratien vahvistaminen	
3.15 Vanhan kestopäällystetien vahvistaminen	
3.16 Esimerkkejä päällysrakenteen kantavuusmitoi- tuksesta	
3.2 ROUTIMISEN RAJOITTAMINEN.....	35
3.20 Yleistä	
3.21 Vauriokohtien korjaus	
3.3 POHJAMAAN VAHVISTAMINEN.....	45
3.4 KUIVATUKSEN PARANTAMINEN.....	47
3.5 POIKKILEIKKAUKSEN YKSITYISKOHTIEN SUUNNITTELU.....	48

0. YLEISTÄ

Rakenteen parantamisella tarkoitetaan näissä ohjeissa olemassa olevan tien kantavuuden parantamista, routa- tai vesihaittojen vähentämistä ja tien päällystämistä aikaisempaa vastaavalla tai sitä korkealuokkaisemmalta päällysteellä. Näihin toimenpiteisiin liittyy yleensä tien pinnan leventäminen ja muotoilu sekä luiskien uudelleenjärjestely. Olennaista on, että vanha tierakenne voidaan pääosiltaan käyttää edelleen hyväksi.

Rakenteen parantaminen tähtää tierakenteen kunnon ja palvelutason säilyttämiseen tai kohottamiseen sekä kunnossapidon helpottamiseen. Ennen suunnittelutyön käynnistämistä on kuitenkin aiheellista selvittää, onko tarpeen ja missä laajuudessa parantaa samalla myös tien muita laatutasotekijöitä kuten tien suuntausta ja liittymiä.

1. SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

1.0 YLEISTÄ

Rakenteen parantaminen voi tulla kysymykseen mm. seuraavissa tapauksissa:

- nykyisen tien rakenteellinen palvelutaso on liikennemäärään ja tien luokkaan nähden liian alhainen:
 - kantavuus heikko, kelirikkorajoituksia keväisin
 - tien pinta epätasainen, routa- ja päällystevaurioita, ajomukavuus huono
 - päällystetyyppi ei vastaa liikennemäärää
- nykyisen tien kunnossapitokustannukset ovat tai tulevat lähivuosina olemaan suuret
- tien liikenne tulee kasvamaan siten, että vanha tierakenne ei kestä lisääntyntä liikennekuormitusta.

Rakenteen parantamisen tavoitteet ja lopputulokselle asetettavat vaatimukset määritetään suunnitteluhankkeen tehtävänannossa. Tehtävänannon keskeiset kohdat ovat tiedot tavoitepoikkileikkauksesta, päällystetyypistä sekä suuntauksen ja liittymien parantamisasteesta.

Sekä parantamistarvetta arvioitaessa, että rakennevaihtoehtoja laadittaessa on pyrittävä mahdollisimman hyvin nykyiselle tielle ja sen lähiympäristöön soveltuvaan ratkaisuun. On vältettävä kaavamaisuutta. Tämä edellyttää mm. sitä, että suunnittelutiedoista pääosa hankitaan suoraan kentältä.

1.1 MITOITUSLIIKENNE

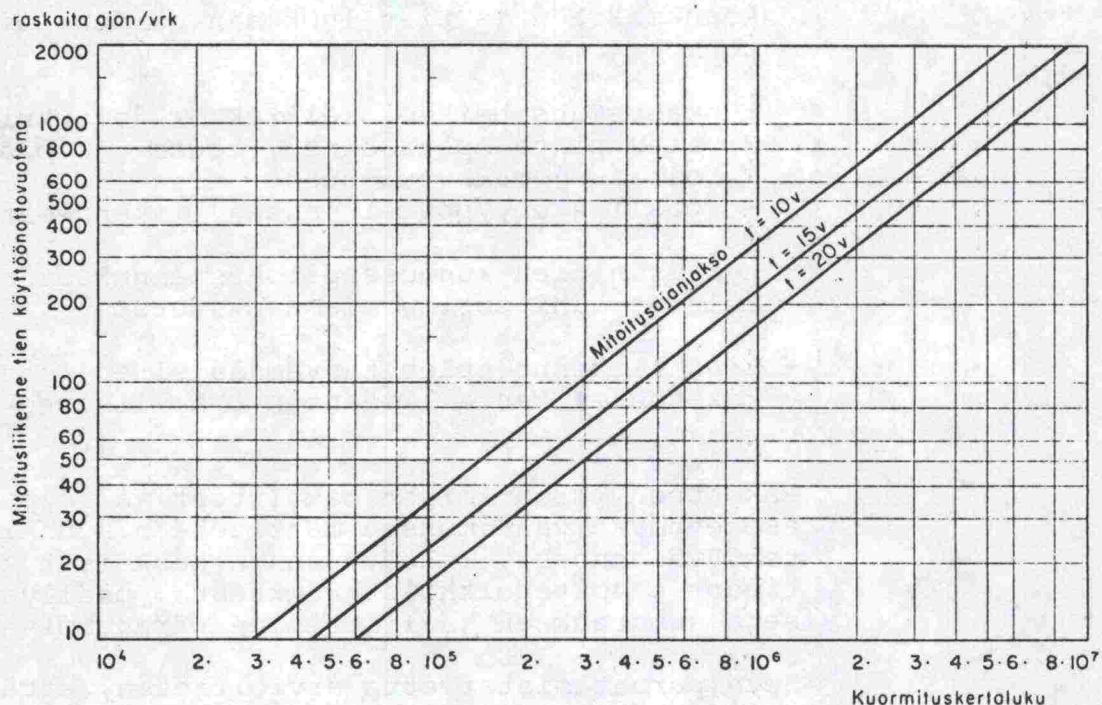
Rakenteen parantamisen suunnittelussa mitoittavana liikenteenä käytetään seuraavia arvoja:

- poikkileikkauksen valinta: KVL-kaikki ajoneuvot, 10 vuoden kuluttua tien parantamisesta
- päällysrakenteen mitoitus: KVL-raskaat ajoneuvot tien parantamisvuonna, jonka avulla saadaan mitoitusajanjakson kuormituskertaluku
- päällysteen valinta: KVL-kaikki ajoneuvot tien parantamisvuonna

Päällysrakenne suunnitellaan kestäämään tietyn mitoitusajanjakson, jonka pituus riippuu parannetun tien päällystetyypistä seuraavasti:

- asfalttipäällyste 20 vuotta
- öljysorapäällyste 15 vuotta
- sorapäällyste 10 vuotta

Kuormituskertaluku saadaan raskaiden ajoneuvojen keskivuorokausiliikenteen ja mitoitusajanjakson perusteella kuvasta 1. Raskaiksi ajoneuvoiksi luetaan linja-autot ja kaikki kuorma-autot.



Kuva 1.

Kuormituskertaluvun määrittäminen raskaiden ajoneuvojen KVL:n perusteella. Tien leveys otetaan huomioon taulukon 1 m-kertoimella.

Kuvan 1 mitoitusliikenne tarkoittaa tien molempien suuntien yhteenlaskettua liikennettä. Kuormituskertaluku saadaan suoraan kuvasta 1, jos parannetun tien pinnan leveys on ≤ 7 m. Muissa tapauksissa korjataan kuvasta 1 saatua arvoa kertomalla se taulukossa 1 esitetyllä leveyskerroimella m.

Taulukko 1. Leveyskerroimen riippuvuus tien leveydestä.

Ajoratojen lukumäärä	Tienpinnan kokonaisleveys, metriä	Leveyskerroin m
1	≥ 9	0,5
1	~ 8	0,75
1	≤ 7	1,0
2	$\geq (9+9)$	0,4
2	$< (9+9)$	0,5

Huomautus 1. Kuva 1 on laadittu käyttäen seuraavia raskaan liikenteen koostumuksen ja kasvun valtakunnallisia keskiarvoja:

Raskaan liikenteen koostumus:

LA 17 %
KAIP 45 "
KAPP 13 "
KATP 25
100 %

Raskaan liikenteen kasvukertoimet:

$k_{10} = 1,10$
 $k_{15} = 1,14$
 $k_{20} = 1,16$

Jos raskaan liikenteen koostumus tai kasvukertoimet poikkeavat paljon näistä, lasketaan kuormituskertaluku kaavalla, joka on esitetty uusien teiden rakenteen suunnitteluohjeissa kohdassa IV 5.12.

Huomautus 2. Kuva 1 on laadittu käyttäen eri ajoneuvotyyppien keskimääräistä akselipainojakautumaa. Jos kuorma-autoista huomattava osa on erittäin raskaasti kuormattuja (esim. soraa tai puutavaraa kuljettavat täysin kuormatut ajoneuvot), mitoitetään päällysrakenne harkinnan mukaan seuraavaa ylempää päällysrakenneluokkaa vastaavaksi kuin kuormituskertaluku edellyttäisi tai paksunnetaan ensimmäistä päällystekerrosta (ks. kohta 3.11).

ESIMERKKI. Raskaiden ajoneuvojen määrä tien parantamisvuonna on 300 ajon./vrk. Mikä on mitoittava kuormituskertaluku, kun tien poikkileikkaus on 8/7 ja tie päällystetään asfalttibetonilla?

Kuvasta 1 saadaan mitoitusajanjaksoa 20 v vastaavaksi kuormituskertaluvuksi n. $1,8 \times 10^6$ ja taulukosta 1 leveyskerroimen m arvoksi 0,75. Mitoittavaksi kuormituskertaluvuksi saadaan

$$K = 0,75 \cdot 1,8 \cdot 10^6 = 1,4 \cdot 10^6 \quad (= \text{päällysrakenneluokka 3, ks. kohta 3.11})$$

1.2 TAVOITEPOIKKILEIKKAUS

Poikkileikkaus valitaan tien toiminnallisen luokan, käyttönopeuden ja liikennemäärän perusteella erikseen annettujen ohjeiden mukaan (vert. kirje S-50/17.8.78). Rakennetta parannettaessa tien poikkileikkauksen ei kuitenkaan välttämättä tarvitse olla uusien teiden tyyppipoikkileikkauksen mukainen, vaan myös muita leveyksiä voidaan käyttää (esim. 6,5 m tai 7,5 m).

Poikkileikkausta valittaessa on lisäksi kiinnitettävä huomiota seuraaviin näkökohtiin:

1. Tien poikkileikkauksen tulisi olla vakiolevyinen pitkähköllä tieosuudella. Leveyden muutoskohtien välimatkan tulisi olla useita kilometriä. Poikkileikkauksen muutoskohdat sijoitetaan yleensä tärkeiden liittymien kohdalle.

2. Tie ei saa (olennaisesti) kaventua rakennetta parannettaessa, ellei nykyisen tien leveys ole selvästi ylimitoitettu.

3. Jos poikkileikkauksen leveydeksi edellä mainittujen ohjeiden mukaan tulee < 7 m, saattaa leveämmän poikkileikkauksen käyttö liikenneturvallisuuksista ja tierakenteen kestävyysvarmistamiseksi olla perusteltua erityisesti seuraavissa tapauksissa:

- raskaan liikenteen osuus on huomattavan suuri
- nykyisen tien suuntauksen (linja, tasausviiva, näkemät) laatutaso on alhainen eikä suuntausta merkittävästi paranneta rakenteen parantamisen yhteydessä.

Poikkileikkauksen yksityiskohtien suunnittelua käsitellään tarkemmin jäljempänä kohdassa 3.5.

1.3 PÄÄLLYSTETYYPIN VALINTA

Päällyste valitaan tien parantamisvuoden liikennemäärän (KVL-kaikki ajoneuvot) ja tien sijainnin perusteella. Päällystetyypin ohjeellinen valinta maaseutualueen teillä on esitetty taulukossa 2. Valta-, kanta- sekä seudullisilla teillä ei kuitenkaan sorakulutuskerrosta käytetä, vaan päällyste on aina sidottu.

Taajama-alueilla käytetään kevyen liikenteen ja toisaalta yleisen siisteyden vuoksi ensisijaisesti aina kuumasekoitteista päällystettä, vaikka liikennemäärä

puoltaisi öljysoraakin. Päällystetyypin ohjeellinen valinta asutuskeskuksissa on esitetty taulukossa 3.

Taulukot 2 ja 3 on tarkoitettu suuntaa antavaksi ohjeeksi. Päällysteen valintaa ja yksityiskohtaista suunnittelua on käsitelty tarkemmin julkaisussa TVH 732853 Päällystesuunnittelu.

Taulukko 2. Päällystetyypin valinta maaseutualueen teillä.

KVL (m-ajon./vrk)	Ensisijainen päällystetyyppi	Toissijainen päällystetyyppi
< 200	Sorakulutus- kerros	Ohut öljysora (70...80 kg/m ²)
200...500	Ohut öljysora (70...80 kg/m ²)	Paksu öljysora (90...100 kg/m ²)
300...1200	Paksu öljysora (90...100 kg/m ²)	Kevytasfaltti- betoni
700...2000	Keskirakeinen asfalttibetoni (esim. AB 16)	Karkearakeinen asfalttibetoni (AB 20, AB 25)
> 2000	Karkearakeinen asfalttibetoni (AB 20, AB 25)	Keskirakeinen asfalttibetoni (esim. AB 16)

Taulukko 3. Päällystetyypin valinta taajama-alueen teillä.

KVL (m-ajon./vrk)	Ensisijainen päällystetyyppi	Toissijainen päällystetyyppi
< 500	Kevytasfaltti- betoni	Paksu öljysora (90...100 kg/m ²)
300...1200	Kevytasfaltti- betoni	Keskirakeinen asfalttibetoni (esim. AB 16)
700...2000	Keskirakeinen asfalttibetoni (esim. AB 16)	Karkearakeinen asfalttibetoni (AB 20, AB 25)
> 2000	Karkearakeinen asfalttibetoni (AB 20, AB 25)	Keskirakeinen asfalttibetoni (esim. AB 16)

2. VANHAN TIEN TUTKIMINEN

2.0 YLEISTÄ

Rakenteen parantamisen suunnittelun keskeisen lähtöaineiston muodostavat tiedot vanhan tien

- routivuudesta
- kantavuudesta
- rakenteesta ja materiaaleista
- kuivatuksen parantamistarpeesta
- pehmeiköistä
- poikkileikkauksesta.

Pääosa tiedoista hankitaan maastotutkimuksin ja -tarkastuksin sekä haastatteleamalla tien kunnossapitäjää. Muita tietolähteitä ovat mm. tierekisteri, mahdolliset aikaisemmat suunnitelmat ja geotekniset tutkimukset sekä liikenne-eräjoitustilastot.

2.1 ROUTIVUUDEN ARVIOINTI

2.11 Routivuuden tutkiminen

Tien routivuuden arviointimenetelmiä ovat

- silmämääräistarkastukset ja kunnossapitäjän haastattelut
- routavaaitukset (mahdolliset tasaisuusmittaukset)
- näytteiden otto vanhan tien kerroksista ja pohjamaasta

Silmämääräistarkastukset ja kunnossapitäjän haastattelut ovat routivuuden ensisijainen arviointiperuste. Tarkastus tehdään kevättalvella maaliskuusta - huhtikuussa ja uudelleen roudan sulamisen tapahduttua touko - elokuussa. Päällystevauriot, tien kantavuuspuutteet ja muut routimisesta aiheutuvat haitat kirjataan muistiin. Routimisesta aiheutuvien epätasaisuuksien haitallisuutta ja korjaustarvetta arvioidaan koeajoin.

Tien kunnossapitäjällä on yleensä hyvät tiedot vanhan tien käyttäytymisestä ja ongelmakohdista usean vuoden ajalta. Tiemestarin havainnot ja kokemukset muodostavat tärkeän lähtöaineiston parantamisratkaisuja suunniteltaessa.

Routavaaitukset soveltuvat parhaiten vanhastaan päällystettyjen teiden routivuuden tutkimiseen. Sorapinta-aisilla teillä mittauksien luotettavuus saattaa olla huono.

Routanousujen suuruuden lisäksi saadaan vaaitustuloksista selville, mikä osa tien epätasaisuudesta aiheutuu vanhan tierakenteen painumista ja tiivistymisestä.

Routavaaaitusten tuloksista on hyötyä korjaustoimien tarvetta arvioitaessa sekä korjausten yksityiskohtaisessa suunnittelussa. Routavaaaitusten tarve, laajuus ja kohteet harkitaan tapauskohtaisesti. Routavaaaitus on syytä tehdä aina tienkohdilla, joissa todennäköisesti esiintyy korjausta vaativia heittoja. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota rumpupaikoilla sekä kallion ja routivan maan rajakohdilla esiintyviin epätasaisiin routanousuihin (myös sorateilla).

Routavaaaitus tehdään suurimman routanousun aikaan kevättalvella ja uudelleen seuraavana kesänä. Talvimittaus on edullista suorittaa ensin, koska mahdolliset suuren nousun kohdat ovat silloin esillä ja mittauspisteet voidaan sijoittaa tarkemmin. Kun routanousut ja niiden epätasaisuus saattavat vaihdella paljon eri vuosina, on eduksi, jos routavaaituksia tehdään kahtena keväänä.

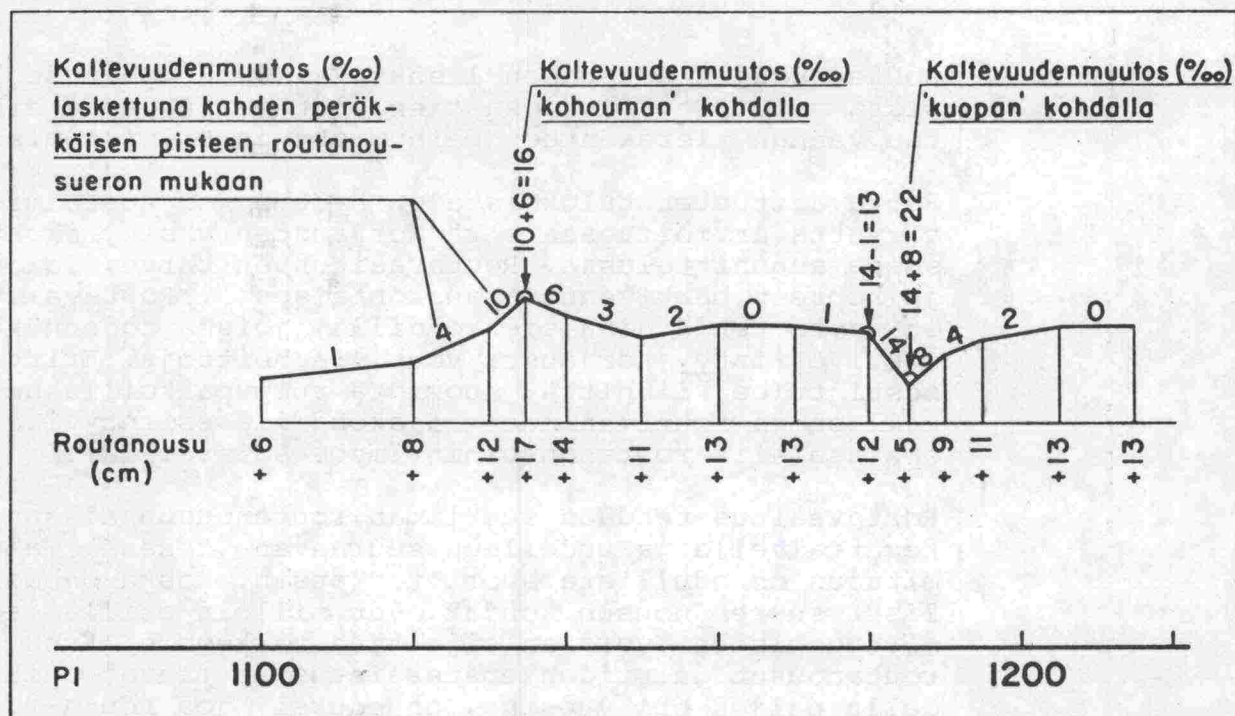
Vaaituspisteiden väli on yleensä 20 m ja vaaitus tehdään tien keskilinjalta. Jos tiellä on epätasaisia nousuja, lyhennetään pisteväliä 2...5 m:iin ja mittauspisteet sijoitetaan siten, että ne osuvat routakohoumien huipulle tai kuopan pohjalle. Jos epätasaisuutta on myös poikkisuunnassa (keskisauman halkeamia) mitataan tarvittaessa useampia pisteitä samasta poikkileikkauksesta.

Vaaituspisteet merkitään tien pintaan mahdollisimman pysyvästi (maali, naulat) tai sidotaan mittaukseen riittävän tarkasti (soratiet).

Vaaitustuloksista lasketaan mittauspisteiden routanousujen lisäksi tienpinnan pituussuuntainen kaltevuudenmuutos (yksikkönä ‰).

Kaltevuudenmuutoksia määritettäessä lasketaan ensin kaltevuudenmuutos kahden peräkkäisen vaaituspisteen välillä (= pisteiden routanousujen erotus jaettuna pisteiden välimatkalla). Kaltevuudenmuutos vaaituspisteiden kohdalla saadaan laskemalla yhteen vierekkäisten osuuksien kaltevuudenmuutosarvot, jos kaltevuudenmuutos muuttaa suuntaa pisteen kohdalla, tai vierekkäisten osuuksien kaltevuudenmuutosarvojen erotuksena, jos kaltevuudenmuutoksen suunta pisteen kohdalla ei muutu (ks. kuva 2) Kaltevuudenmuutoksen maksimi-
arvot esiintyvät yleensä pisteissä, joissa kaltevuudenmuutoksen suunta muuttuu.

Routavaaaituksista laskettuja kaltevuudenmuutoksia ja niiden maksimi-arvoja käytetään hyväksi vanhan tien epätasaisuutta ja sen korjaustarvetta arvioitaessa (ks. kohta 3.2).



Kuva 2. Esimerkki kaltevuudenmuutosten laskemisesta.

Routanousuista aiheutuvia kaltevuudenmuutoksia voidaan laskea myös seuraavasti: otetaan peräkkäisten pisteiden (3 pistettä) välimatkaksi 2 m siten, että keskimäinen piste tulee kohoutuman huipulle tai notkon pohjalle. Näiden 3 pisteen avulla lasketaan tienkohdan pituussuuntainen kaltevuudenmuutos kaavalla

$$x = \frac{y_1 - 2 \cdot y_2 + y_3}{1}$$

jos x on kaltevuudenmuutos (‰),

y_1, y_2, y_3 ovat peräkkäisten pisteiden vaaditut korkeudet (mm)
 l on etäisyys (m) keskimmaisesta pisteestä pisteisiin 1 ja 3.

Kaltevuudenmuutos on siten laskettavissa heti talvella, odottamatta kesämittausten vertailuarvoja. Kaavalla laskettu kaltevuudenmuutos ei ole täysin sama kuin kuvassa 2 esitetty, sillä tulokseen vaikuttaa myös tasausviivan pyöristyssäde. Kaavalla voidaan arvioida myös tienpinnan kesäajan epätasaisuutta kesävaaituksen tulosten avulla.

2.12 Tien osittelu routivuuden mukaan

Jos vanhan tien kantavuusmittaukset suoritetaan kesällä, muunnetaan kesällä mitatut kantavuusarvot kevät-kantavuuksiksi kertoimilla, jotka riippuvat tieosuuden routivuudesta (kohta 2.22). Tätä varten olemassa oleva tie jaotellaan kolmeen routivuusluokkaan, joiden tunnusmerkit päällystetyillä teillä ovat seuraavat:

1. Routimaton tieosuus: Päällysteen kunto on kulumista lukuunottamatta hyvä tai tyydyttävä. Muutamia pitiuus- ja poikkisuuntaisia halkeamia sekä verkkohalkeamia (tai reikiä) saa paikoitellen esiintyä.

2. Lievästi routiva tieosuus: Päällysteessä on runsaasti pituus- ja poikkisuuntaisia halkeamia sekä verkkohalkeamia. Paikoin voi olla selviä painumia tai roudan aiheuttamia kohoutumia. Ajonopeutta on joskus hiljennettävä ja epätasaisia kohtia varottava.
3. Erittäin routiva tieosuus: Päällysteen kunto on heikko. Tien pinta on erittäin epätasainen ja routapaikoissa on runsaasti verkkohalkeamaa, joka purkautuu. Varsinkin kelirikkoaikana saattaa halkeamista pursuta savea pinnalle. Painumia ja roudan aiheuttamia kohoutumia on vaikea väistellä ajaessa. Tien pintaa joutuu jatkuvasti tarkkailemaan ja ajonopeutta on useasti vaihdeltava.

Sorapintaaisilla teillä routivuusluokat määritellään seuraavasti:

1. Routimaton tieosuus: ei routavaurioita eikä pinta-pehmenemistä.
2. Lievästi routiva tieosuus: roudan aiheuttamaa pinnan vähäistä epätasaisuutta ja/tai paikoitellen pintapehmenemistä.
3. Erittäin routiva tieosuus: routapuhkeamia tai suuria roudan aiheuttamia epätasaisuuksia. Pintapehmenemistä laajoilla alueilla.

Edellä mainitut routivuusluokkien tunnusmerkit ovat samat, joita käytetään tierekisterin kantavuusmittauksissa (ks. Ohjeet kantavuusmittausten suorittamisesta tierekisteriä varten, TVH 31.5.1979).

Jokainen tieosuus arvioidaan johonkin kolmesta routivuusluokasta. Jos vanhan tien routivuus vaihtelee tihein välein, arvioidaan routivuusluokka kantavuusmittauksia tehtäessä pistekohtaisesti.

2.2 KANTAVUUDEN MITTAUS JA TULOSTEN KÄSITTELY

2.21 Kantavuuden mittausmenetelmät

Parannettavan tien kantavuus mitataan jollakin seuraavista menetelmistä:

- levykuormituskoe,
- benkelman-palkki,
- taipumamittausauto (Lacroix).

Levykuormituskokeella vanhan tien kantavuus (E_2 -arvo, MN/m^2) saadaan suoraan. Benkelman-palkin antamat taipumat muunnetaan E-arvoiksi kaavalla

$$E_2 = \frac{160}{s_B} \text{ (MN/m}^2\text{)}$$

Jossa s_B on taipuma mm:nä, kun pyöräkuorma on 50 kN (5 ton).

Kantavuusmittausten suoritusohjeet:

- Levykuormituskoe: TVH 732816 Laadunvalvontaohjeet
- Benkelman-koe: Ohjeet kantavuusmittausten suorittamisesta tierekisteriä varten (TVH 31.5.1979)
- Lacroix -taipumamittaus: auton käyttö tapahtuu yhteistoiminnassa VTT:n tie- ja liikennelaboratorion kanssa (ohuella AB-päällysteellä sekä ÖS- ja SR-päällysteellä on likimäärin $E_2 = \frac{110}{s_L}$, missä s_L on Lacroix-taipuma mm:nä).

2.22 Mittausten ajankohta ja sijainti

Kun tavoitteena on saada selville heikoin kantavuus, on ensisijainen mittausajankohta keväällä siinä vaiheessa, jolloin metsäisillä tai muuten varjoisilla tienkohdilla roudan sulaminen on jo alkanut (routa sulanut 0,5...1,0 m tien pinnasta). Ellei mittauksia suoriteta useita kertoja samana vuonna, on sopivin ajankohta Etelä-Suomessa keskimäärin huhtikuun puolivälistä toukokuun puoliväliin, Keski-Suomessa 1...2 viikkoa tätä myöhemmin ja Pohjois-Suomessa 2...4 viikkoa Etelä-Suomea myöhemmin.

Mittauspisteiden välimatkaksi otetaan levykuormituskoetta tai benkelman-palkkia käytettäessä yleensä 50 m, ja mittaus suoritetaan vuorotellen tien kum maltakin kaistalta. Jos vanhan tien kantavuus on hyvä (\geq uuden tien kantavuusvaatimus), voidaan pisteväliä pidentää 100 m:iin (mittausryhmälle on etukäteen annettava ohjeet pistevälin valinnasta). Mittaukset suoritetaan kulloinkin tasavälisesti, ei otosmittauksena eikä myöskään erityisen huonoja kohtia valikoiden.

Tien kevätkantavuus (kelirikon vaikeus) vaihtelee vuosittain mm. talven ja roudan sulamisajan sääolosuhteiden ja pohjavesitilanteen mukaan. Vanhan tien kantavuudesta saadaan luotettavampi kuva, jos kantavuusmittauksia tehdään kahtena keväänä samoissa pisteissä. Jos mittauskeväänä kelirikkotilanne on edullinen, mittaustuloksia korjataan harkinnan mukaan kertoimella 0,7...1,0. Jos tien pinta on niin pehmeä, että mittauksia ei pystytäkään tekemään, otetaan vanhan tien kantavuudeksi 20 MN/m².

Ellei kevätmittauksiin ole tilaisuutta, kantavuus voidaan poikkeuksellisesti mitata myös kesällä. Täysi kesäkantavuus saavutetaan Etelä-Suomessa keskimäärin vasta heinäkuun alussa ja Pohjois-Suomessa heinäkuun lopulla. Kesäkantavuus muunnetaan kevät-kantavuudeksi taulukon 4 mukaisin kokemusperäisin kertoimin.

Taulukko 4. Kevätkantavuuskertoimet, joilla kesäkantavuuden mukaiset E-arvot muunnetaan kevätkantavuuksiksi.

Tienkohdan routivuusluokka (ks. kohta 2.12)	Kevätkantavuuskerroin $\frac{E_{\text{kevät}}}{E_{\text{kesä}}}$
Routimaton	0,8
Lievästi routiva	0,6
Erittäin routiva	0,4

Jos kantavuusmittauksia suoritetaan tien kuivumiskautena (kesäkuussa), muuntokertoimia suurennetaan harkinnan mukaan.

2.23 Mittaustulosten käsittely

Tie jaetaan kantavuuden kannalta mahdollisimman yhtenäisiin jaksoihin siinä tarkoituksessa, että kunkin jakson parantamistapa on vakio.

Kullakin jaksolla käytetään päällysrakennetta mitoitettaessa vanhan tien kantavuutena E-arvona ilmaistua kevät-kantavuuden keskiarvoa, josta vähennetään mittaustulosten keskihajonta (λ). Jos hajonta on hyvin suuri, otetaan suurimmaksi vähennyksen arvoksi kuitenkin vain 30 % kevätkantavuuden keskiarvosta. Kaavana ohjeet ovat seuraavat:

$$E_A = \bar{E} - \lambda$$

$$\lambda_{\max} = 0,3 \cdot \bar{E}$$

Keskihajonta λ lasketaan kaavalla

$$\lambda = \sqrt{\frac{\sum (E_i - \bar{E})^2}{n - 1}}$$

missä \bar{E} = mittaustulosten keskiarvo

E_i = yksittäinen mittaustulos

n = mittaustulosten lukumäärä

Vanhan tien kantavuusarvoa E_A laskettaessa ei mukaan oteta yksittäisiä, poikkeuksellisen alhaisia kantavuusarvoja, jos niitä on vain satunnaisesti ja ne erottuvat selvästi viereisen osuuden kantavuustasosta. Näiden kohtien päällysrakenne mitoitetaan erikseen.

Lacroix-taipumat rekisteröityvät paperinauhalle ja tulokset käsitellään automaattisesti. Vanhan tien kantavuudeksi otetaan $E_A = \bar{E} - \lambda$, mutta hajontaa ei ole tarpeen rajoittaa mittauspisteiden suuren lukumäärän vuoksi.

ESIMERKKI MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELYSTÄ:

Paalu	Mitattu kevät-kantavuus (MN/m ²)	Tien jaksotus ja vanhan tien kantavuusarvo E_A
3550	90	
3600	85	
3650	115	
3700	52	$\bar{E} = 55,6 \text{ MN/m}^2$ $\lambda = 16,8 \quad (> 0,3 \cdot \bar{E} = 16,7)_2$ $E_A = 55,6 - 16,7 \approx \underline{\underline{39 \text{ MN/m}^2}}$
3750	74	
3800	44	
3850	49	
3900	29	
3950	72	
4000	69	
4050	121	Paalun 4200 kantavuusarvoa 31 ei oteta mukaan, vaan tämä kohta vahvistetaan erikseen. $\bar{E} = 101,8 \text{ MN/m}^2$ $\lambda = 11,8$ $E_A = 101,8 - 11,8 = \underline{\underline{90 \text{ MN/m}^2}}$
4100	102	
4150	95	
4200	31	
4250	90	
4300	101	
4350	69	
4400	74	
4450	59	

2.3 VANHAN TIEN RAKENTEEN TUTKIMINEN

Vanhan tierakenteen ominaisuuksista saadaan hyvä kuva jo kantavuus- ja routatutkimusten sekä maastotarkastusten avulla. Kun vahvistaminen tehdään suoraan vanhan tien päälle ja vanhan tien vauriot ovat enintään lieviä, eivät yksityiskohtaiset ja tiheäväliset kenttätutkimukset ole useinkaan tarpeen, vaan vanhan tien rakenne voidaan todeta pistokokein n. 100...500 m välein.

Yksityiskohtaisia tietoja vanhan tien rakenteesta tarvitaan lähinnä seuraavissa tapauksissa:

- vauriokohdilta, jotka todennäköisesti on tarpeen korjata erikseen
- osuuksilta, joissa vanhaa tietä leikataan tai oikaistetaan
- osuuksilta, joissa vanhan tien aineesta lujitetaan sementillä tai kalkilla (ks. TVH 732614 Stabilointiohjeet)

Vauriokohtien tutkimukset tähtäävät vaurion syiden ja sopivimman korjaustavan selvittämiseen. Vaurion laadusta ja vaihtoehtoista korjaustavoista riippuen tutkittavia asioita voivat olla mm. rakennekerrosten paksuus, kerrosten ja pohjamaan laatu ja routivuus, kalliopinnan sijainti ja pohjavedenpinnan asema.

Leikkaus- ja oikaisukohdilla selvitetään vanhan tien rakennekerrosten lisäksi pohjamaan laatu ja kaivuluokka sekä mahdollinen kalliopinnan sijainti.

Vanhan tien rakenne voidaan maastossa helpoimmin selvittää autokairalla, jolloin samalla saadaan materiaalinäytteet. Toinen käyttökelpoinen tutkimusmenetelmä on koekuoppien kaivu.

Kenttätutkimusten tarve ja määrä on harkittava kussakin tapauksessa erikseen. Jos vanhasta tiestä on käytettävissä aikaisempi, luotettava suunnitelma rakennetietoineen, voidaan kenttätutkimukset keskittää vauriokohtiin ja muualla rakenne selvittää harvoin pistokokein. Samoin kenttätutkimuksia voidaan vähentää, jos vaurion syy on suoraan pääteltävissä maastossa tehtävien havaintojen perusteella.

2.4 PEHMEIKKÖTUTKIMUKSET

Pehmeiköistä tarvitaan lisätietoa, jos vanha tie on haitallisesti painunut tai tien pintaa korotetaan pehmeikön kohdalla vähintään 0,3 m tai tietä levennetään eikä luotettavia aikaisempia tutkimuksia ole olemassa. Sivukaltevissa kohdissa tai vesiuomien ja suurien ojien läheisyydessä saattaa pienempikin korotus tehdä vakavuuden varmistamisen aiheelliseksi. Tutkimuksia tarvitaan lisäksi mm.:

- pehmeikölle rakennettavien uusien tai jatkettavien rumpujen kohdilla,
- uusittavien siltojen tulopenkereillä,
- syvennettävien tai levennettävien leikkausten kohdilla,
- uusista suurista tai tien viereen kaivettavista laskuojista,
- pehmeiköille tehtävistä läjitysalueista.

Vanhalle tielle tehdyistä pohjanvahvistuksista on selvitettävä niiden sijainti, laajuus ja mahdolliset vauriot.

Tutkimusmenetelminä käytetään paino- ja siipikairausta sekä näytteenottoa. Kairaukset suoritetaan ja näytteet otetaan lähinnä penkereen sivulta, mutta myös tiepenkereen lävitse, jos on tarpeen määrittää pengertäytteen alaraja tai vanhan penkereen vaikutus pohjamaan lujuuteen ja kokoonpuristuvuuteen. Tutkimuspisteet keskite-

tään kullakin pehmeiköllä aluksi 1...2 kriittisimpään poikkileikkaukseen ja lukumäärää lisätään, jos tarvetta ilmenee. Esimerkkejä tutkimuspisteiden sijoittamisesta on kuvassa 3.

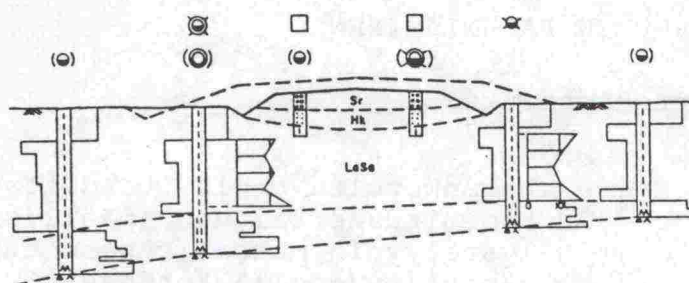
2.5 KUIVATUKSEN PARANTAMISTARPEEN SELVITTÄMINEN

Vanhan tien kuivatuksen parantamistarvetta tutkittaessa kiinnitetään huomiota lähinnä sivuojien, rumpujen ja laskuojien kuntoon ja toimivuuteen sekä luiskien syöpymiin. Tienpinnan sivukaltevuuden puutteet ja tien reunan mahdolliset virtausesteet on aina korjattava rakenteen parantamisen yhteydessä.

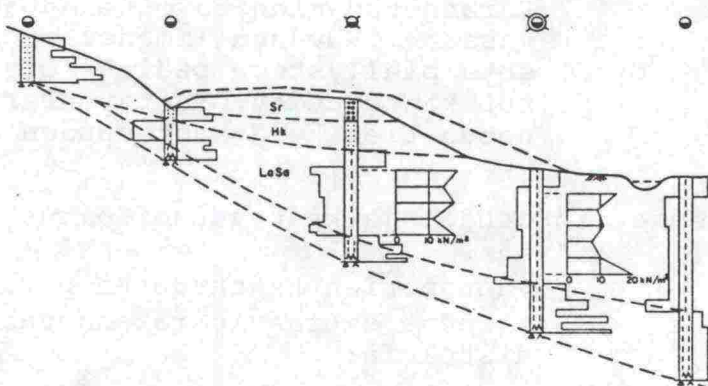
Havaintoja vanhan tien kuivatuksen toimivuudesta ja riittävydestä tehdään lumen ja roudan sulamisvaiheen aikana ja vesisateiden jälkeen. Kuivatuksen puutteita selvitettyä on välttämätöntä olla yhteydessä tien kunnossapitäjään.

Kuivatuksen parantamistarpeen arviointia on selostettu tarkemmin Teiden suunnitteluohjeiden kohdassa IV 4.7.

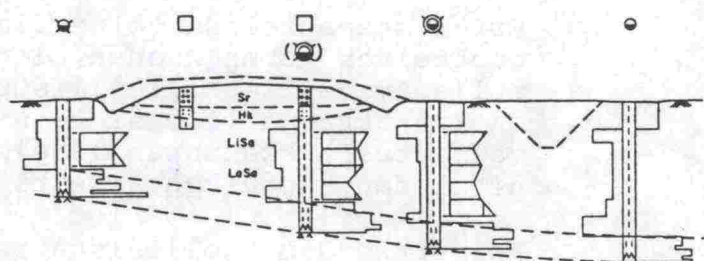
1. Tien levitys tai korotus



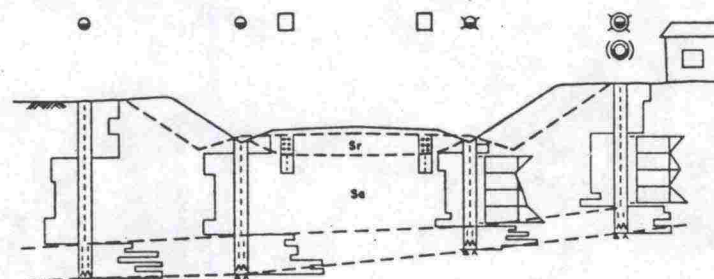
2. Tien levitys tai korotus pehmeikön reuna-alueella



3. Tien korotus laskuojan vierellä tai uuden laskuojan rakentaminen



4. Syvennettävä tai levennettävä leikkaus



- | | |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| ● Painokairaus | ⊙ Häiriintymättömät maanäytykset |
| ⊗ Siipikairaus | □ Koekuoppa (esim. autokairalla) |
| ⊙ Häiriintyneet maanäytykset | () Suluissa olevan tutkimuksen tarve harkitaan tapauskohtaisesti |

Kuva 3.
Esimerkkejä maaperätutkimuksista vanhoilla teillä.

3. RAKENTEEN PARANTAMISEN SUUNNITTELU

3.1 KANTAVUUDEN PARANTAMINEN

3.11 Tavoitekantavuus

Parannetulta tieltä vaadittava kantavuus määräytyy kuormituskertaluvun (päälysrakenneluokan) ja päälystetyypin mukaan. Kuormituskertaluvun laskemista on käsitelty edellä kohdassa 1.1 ja päälystetyypin valintaa kohdassa 1.3.

Parannetun tien tavoitekantavuudet on esitetty kuvassa 4. Kuvasta ilmenevät päälysrakenneluokittain sekä päälysteen päältä että päälysteen alta vaaditut kantavuudet. Kantavuusarvot tarkoittavat parannetun tien kevätkantavuuden keskiarvoa (E_2 , MN/m²).

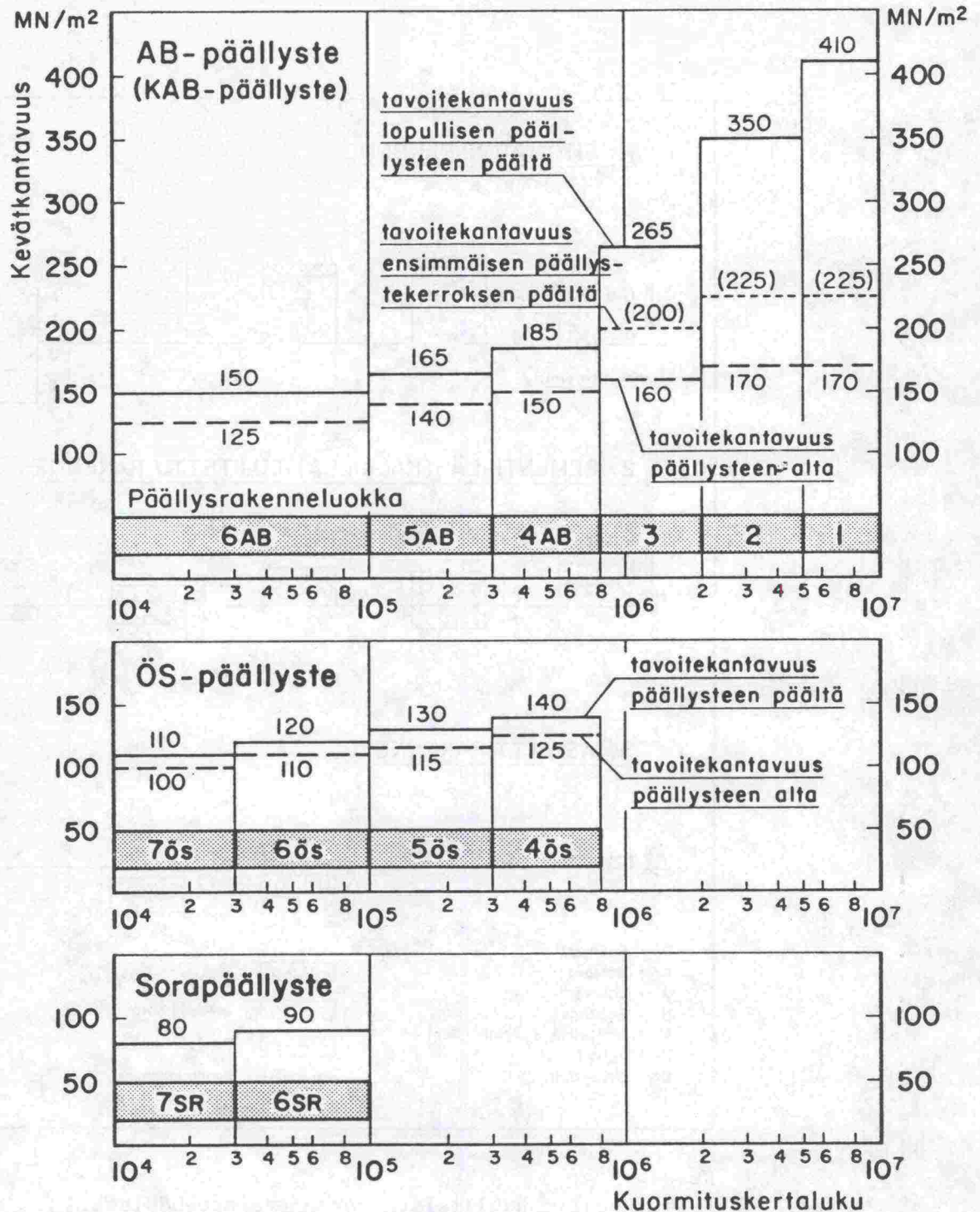
3.12 Rakennevaihtoehdot ja kantavuusmitoitus

Vanhan tien kantavuutta parannettaessa käytetään yleensä seuraavia rakennevaihtoehtoja tai niiden yhdistelmiä:

- sitomaton rakenne
- sementillä tai kalkilla lujitettu rakenne
- asfalttirakenne.

Erikoistapauksissa voi erilaisten teollisuuden sivutuotteiden kuten kuonan, lentotuhkan ja kipsin käyttö tulla kysymykseen. Teollisuuden sivutuotteiden käyttö on kannattavaa yleensä vain suppeahkolla alueella valmistuspaikkakunnan läheisyydessä. Rakenteet suunnitellaan tapauskohtaisesti erillisten ohjeiden mukaan.

Esimerkkejä mahdollisista rakenneratkaisuista on kuvassa 5. Vauriokohtien korjaukseen soveltuvia rakennevaihtoehtoja käsitellään tarkemmin kohdassa 3.21.



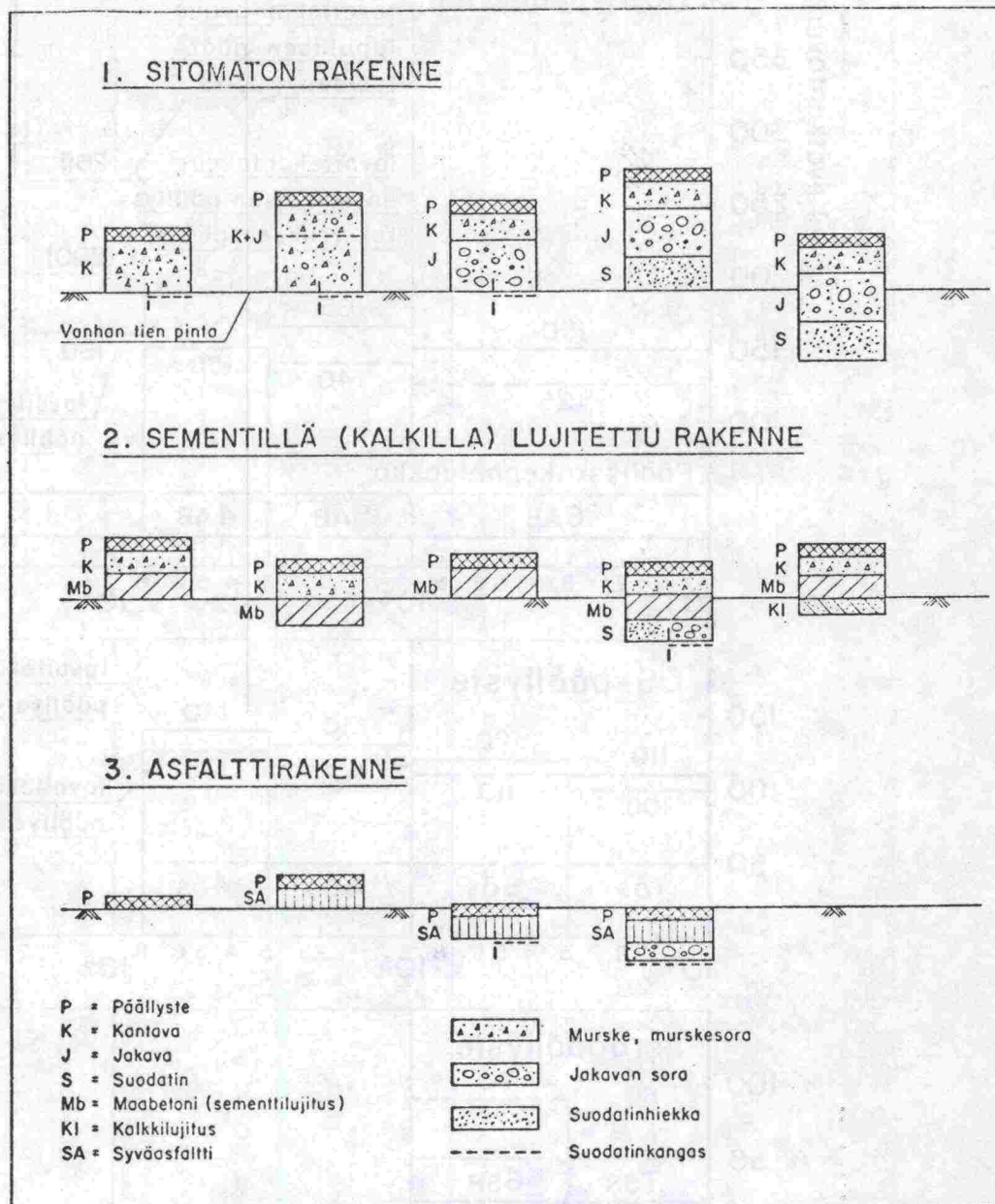
Kuva 4.

Kevätkantavuuden tavoitearvot.

Ab-päällysteisillä teillä tavoitekantavuus lopullisen päällysteen päältä tarkoittaa tilannetta, kun kaikki päällystekerrokset on tehty, ks. kuva 8.

Jos päällyste on kevytasfalttibetonia, on tavoitekantavuus päällysteen alta sama kuin ab-päällysteellä.

Ös-päällysteisillä teillä öljysorapäällysteen paksuudeksi on päällysrakenneluokissa 4 - 5 otettu 40 mm ja päällysrakenneluokissa 6 - 7 30 mm.



Kuva 5.

Esimerkkejä mahdollisista rakennevaihtoehtoista.

1) Sitomattoman rakenteen kantavuusmitoitus

Mitoituksen lähtökohtana ovat

- vanhan tien pinnalta mitattu kantavuus (E_A , ks. kohta 2.23)
- käytettävissä olevat materiaalit
- parannetulta tieltä vaadittava tavoitekantavuus (kohta 3.11)

Sitomattomien kerrosten mitoitus tapahtuu kerroksittain lähtien alimmasta rakennekerroksesta kuvien 6 - 7 käyrästöjen avulla. Kerrosaineksen likimääräinen E_2 -arvo määritetään ensin kuvasta 7 aineksen rakeisuuden perusteella. Tämän jälkeen kuvasta 6 valitaan se mitoituskäyrä, jota aineksen E_2 -arvo lähinnä vastaa (mitoitus voidaan tehdä myös interpoloimalla kahden käyrästön avulla). Rakennekerrosten paksuus mitoitetaan kokeilemalla siten, että kuvassa 4 esitetty tavoitekantavuus päällysteen alta saavutetaan.

Jos rakennekerrokseen käytettävien ainesten laatu (rakeisuus) ei suunnitteluvaiheessa ole tiedossa, tehdään mitoitus käyttäen seuraavia kerrosmateriaalien keskimääräisiä E_2 -arvoja:

- suodatinhiekkä $E_2 = 70 \text{ MN/m}^2$
- jakavan kerroksen luonnon sora $E_2 = 280 \text{ MN/m}^2$
- kantavan kerroksen murskesora $E_2 = 350 \text{ MN/m}^2$

Näissä tapauksissa rakenteen kantavuusmitoitus tarkistetaan, kun tarkat tiedot materiaalien laadusta on käytettävissä.

Jos tielle tulee asfalttipäällyste, saadaan sen paksuus suoraan kuvasta 8. Kuvassa on esitetty päällysrakenneluokittain sekä ensimmäisen päällystekerroksen paksuus, että päällysteen arvioitu lopullinen paksuus, kun kaikki päällystekerrokset on mitoitusajanjakson aikana toteutettu. Jos tielle tulee öljysorapäällyste, on sen paksuus päällysrakenneluokissa 4 - 5 n. 40 mm ($90 \dots 100 \text{ kg/m}^2$) ja päällysrakenneluokissa 6 - 7 n. 30 mm ($70 \dots 80 \text{ kg/m}^2$).

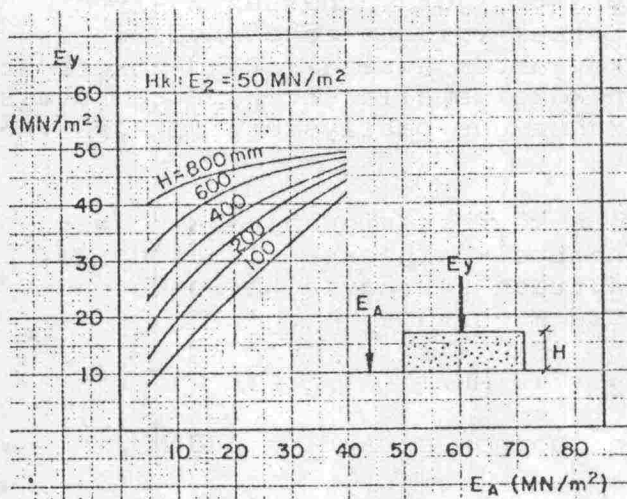
Jos asfalttipäällysteen suunniteltu paksuus poikkeaa kuvan 8 ohjearvoista esim. jos halutaan korvata osa sitomattomista kerroksista paksummalla päällysteellä, suoritetaan mitoitus kuvien 6 ja 9 käyrästöjen avulla siten, että rakenteen kantavuus ensimmäisen päällystekerroksen päältä (ks. kuva 4) on sama kuin kuvan 8 mukaisesti toteutetulla rakenteella.

Normaalitapauksissa sitomattomien kerrosten vähimmäispaksuudet ovat

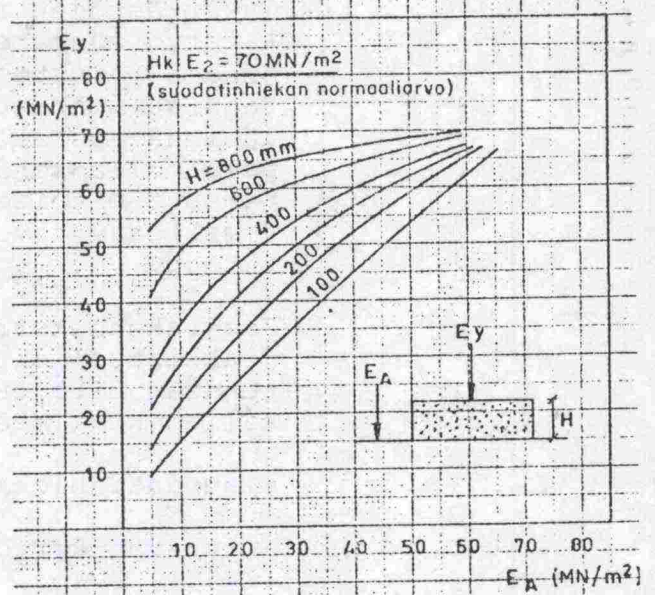
- kantava kerros 100 mm
- jakava kerros 100 mm, vähintään kuitenkin kaksi kertaa aineksen suurin raekoko
- suodatinkerros 150 mm.

Rakennekerrosten keskenäinen paksuus valitaan kustanusvertailujen perusteella. Jos sitomattomien kerrosten paksuus jää alle $200 \dots 250 \text{ mm}$, tehdään sitomaton osa yleensä kokonaan kantavan kerroksen aineksesta.

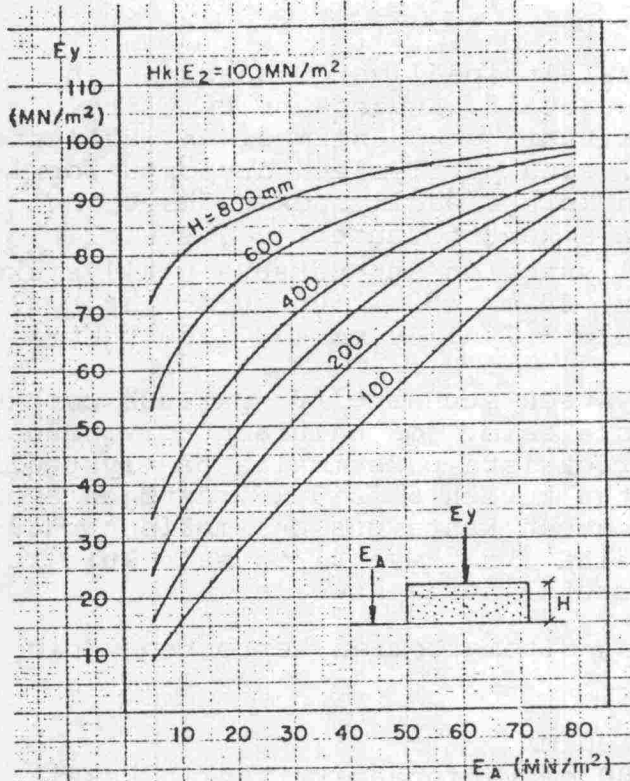
a)



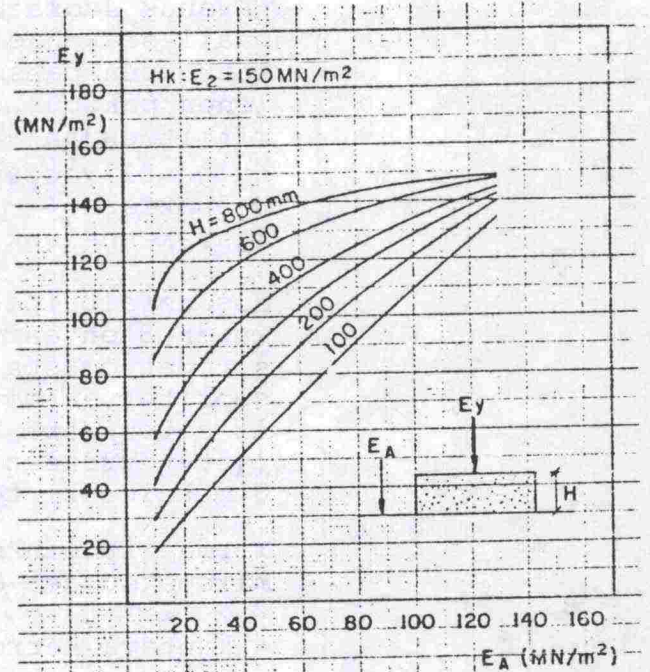
b)



c)

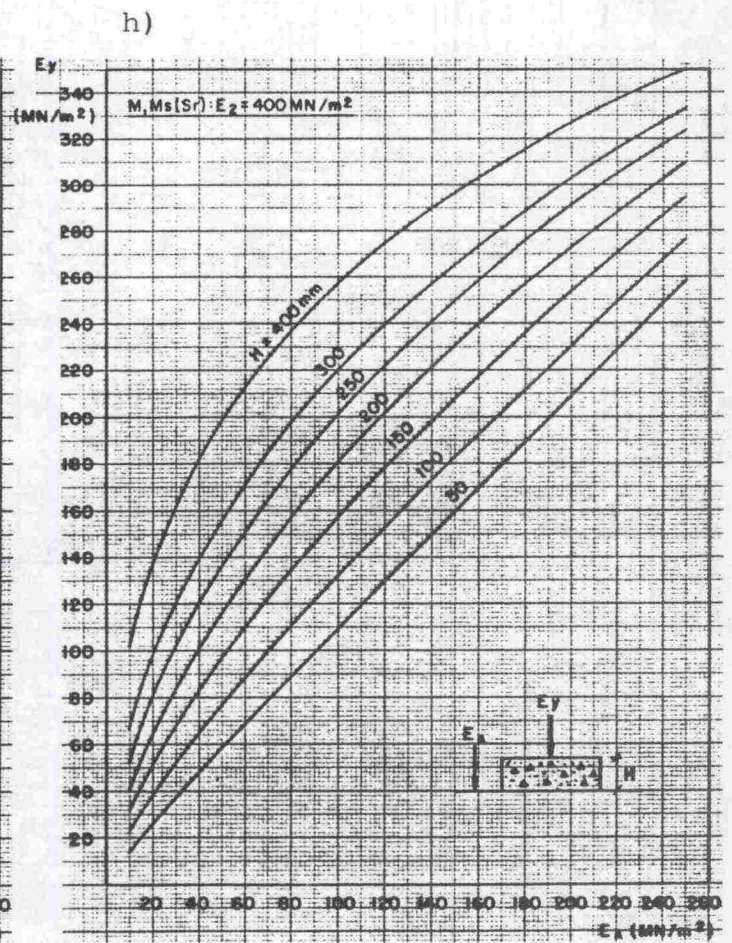
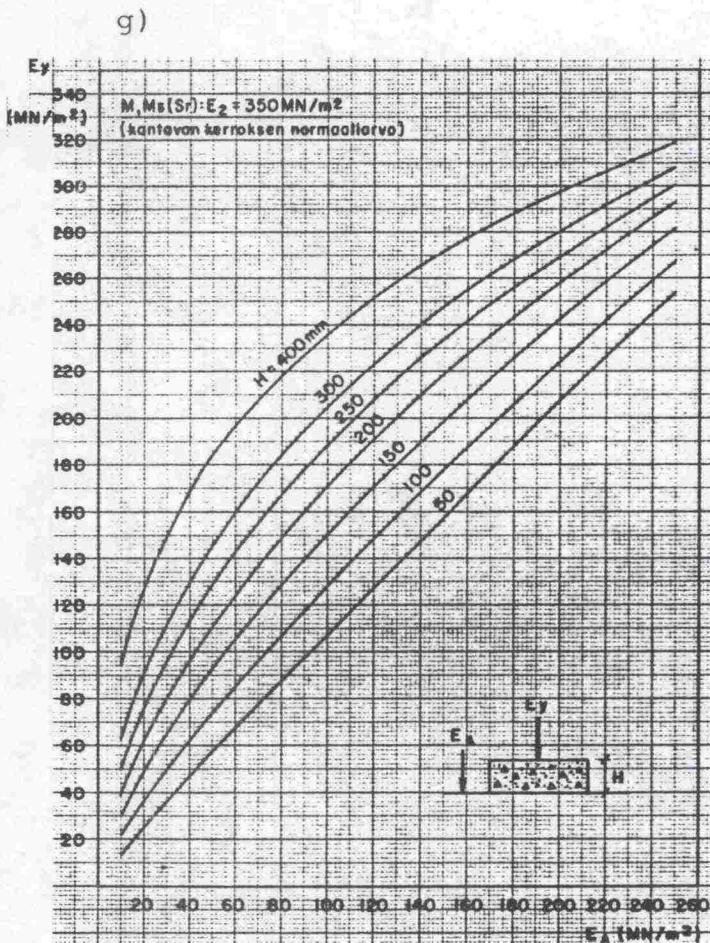
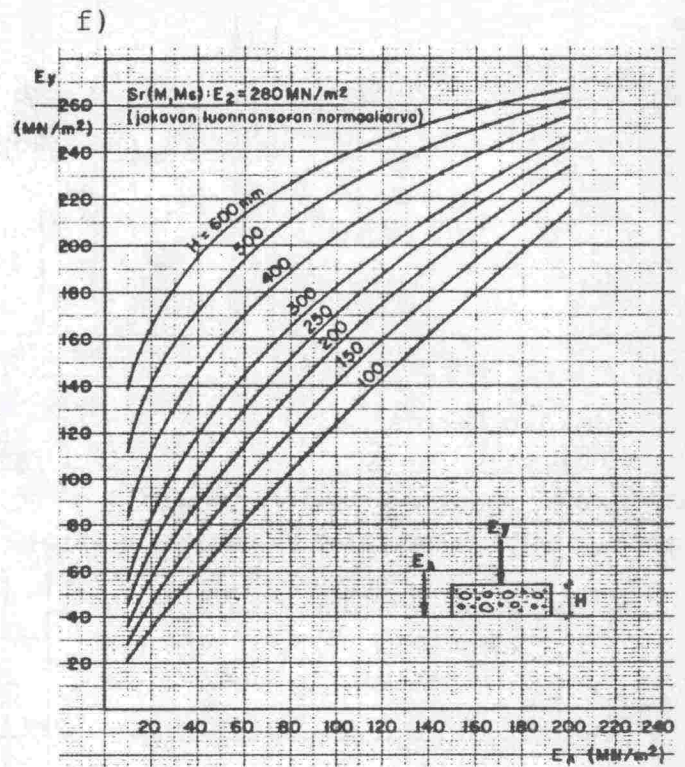
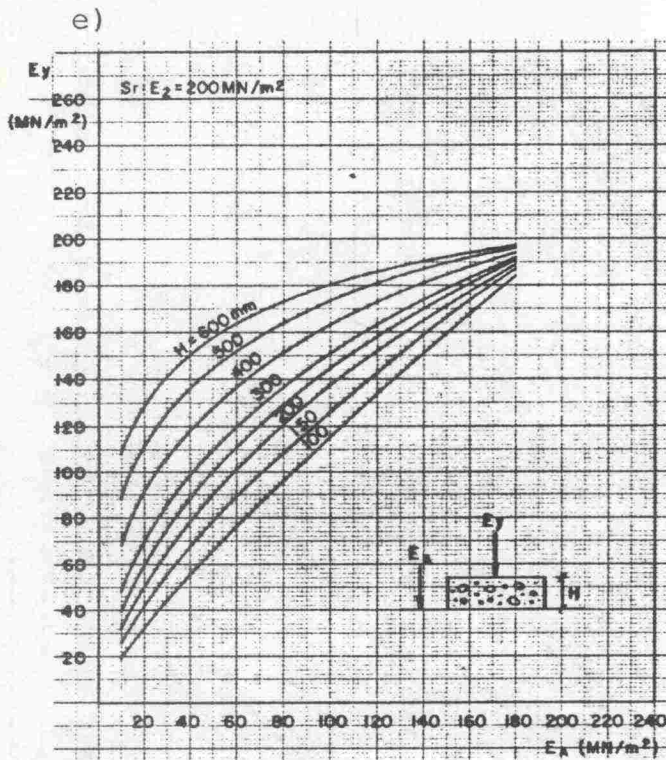


d)



Kuva 6.

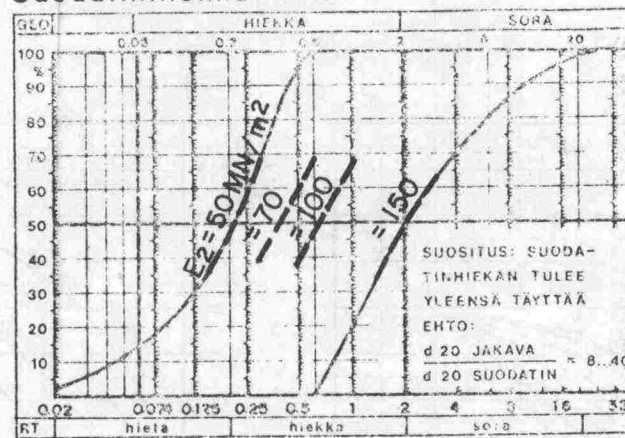
Sitomattomien rakennekerrosten mitoitus. Suodatinhiekan normaaliarvoa $E_2 = 70 \text{ MN/m}^2$ (kuva b) käytetään silloin, kun tarkkaa tietoa aineksen rakeisuudesta ei ole käytettävissä.



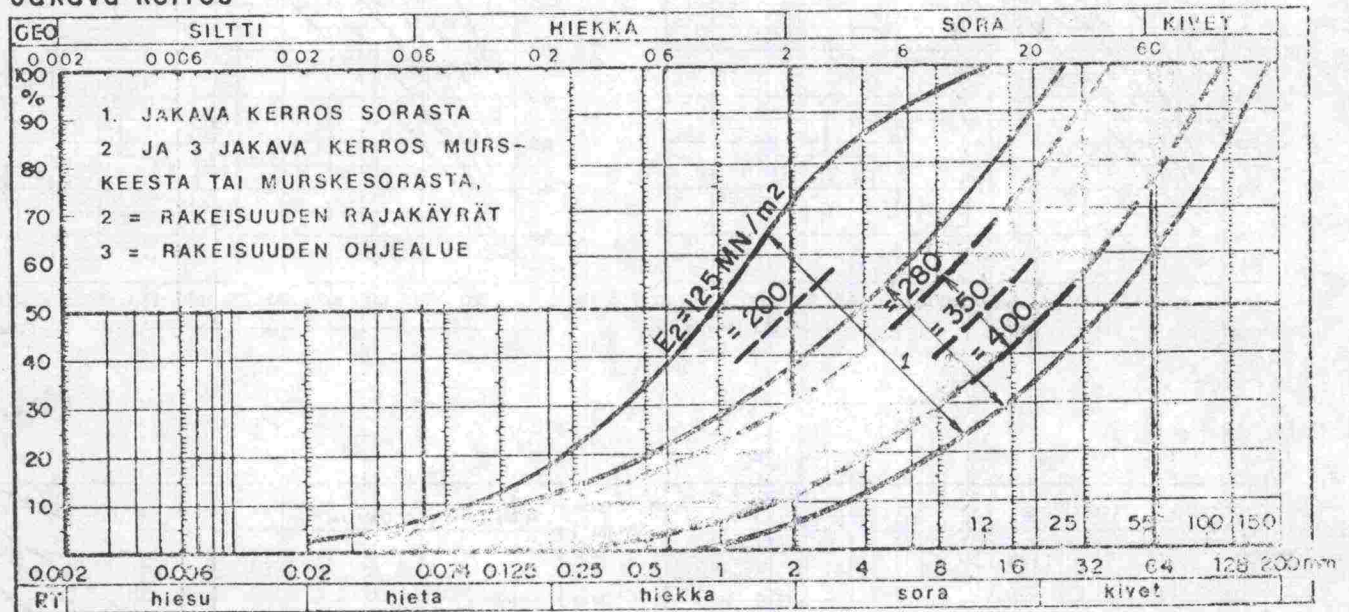
Kuva 6 jatk.

Sitomattomien rakennekerrosten mitoitus. Jakavan normaaliarvoa $E_2 = 280 \text{ MN/m}^2$ (kuva f) ja kantavan normaaliarvoa $E_2 = 350 \text{ MN/m}^2$ (kuva g) käytetään silloin kun aineksen rakeisuus ei ole tiedossa.

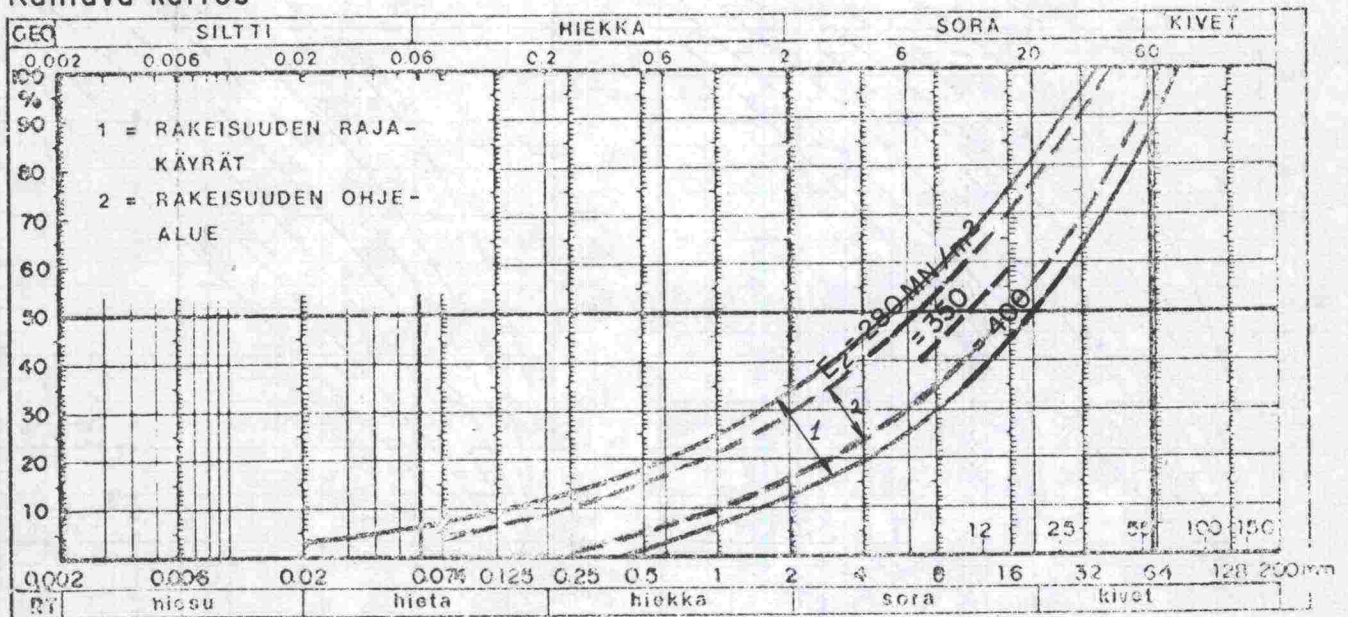
Suodatinhiekkä



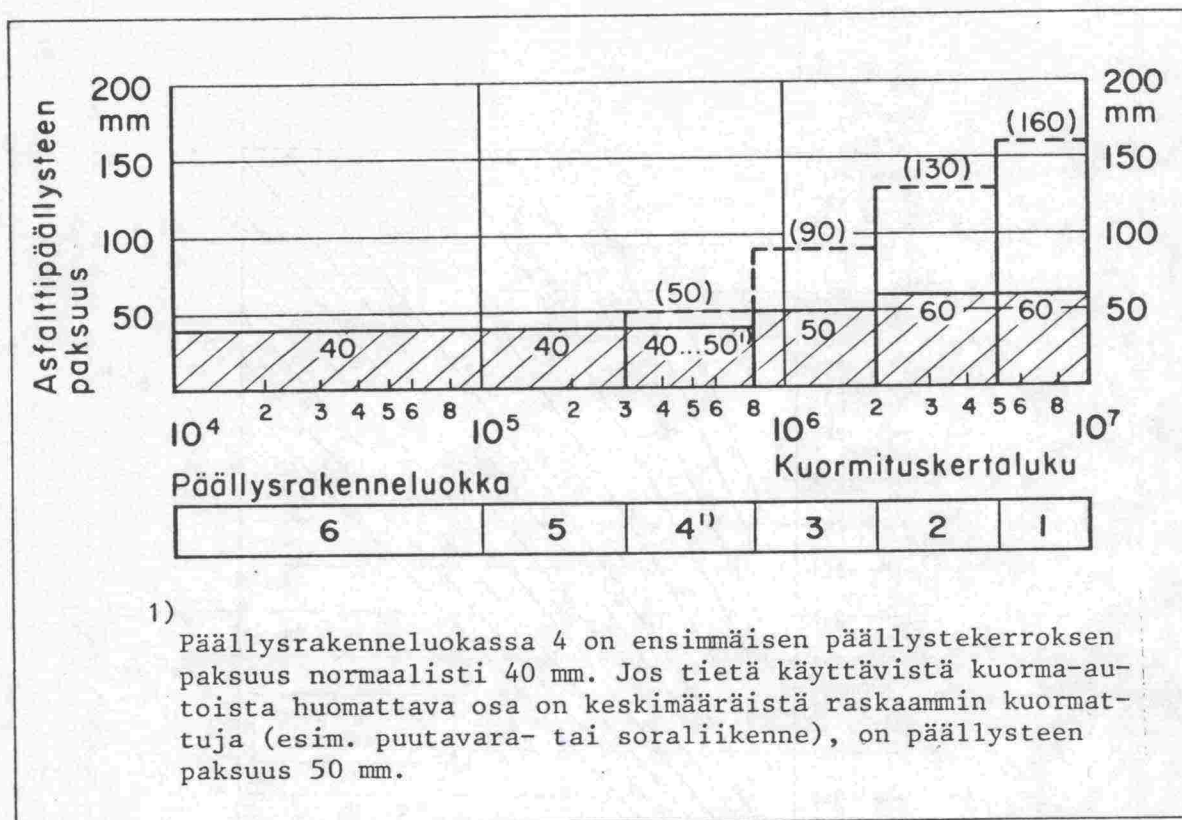
Jakava kerros



Kantava kerros



Kuva 7.
Rakennekerrosten rakeisuuden ohjealueet sekä rakeisuuskäyriä vastaavat likimääräiset E_2 -kantavuusarvot

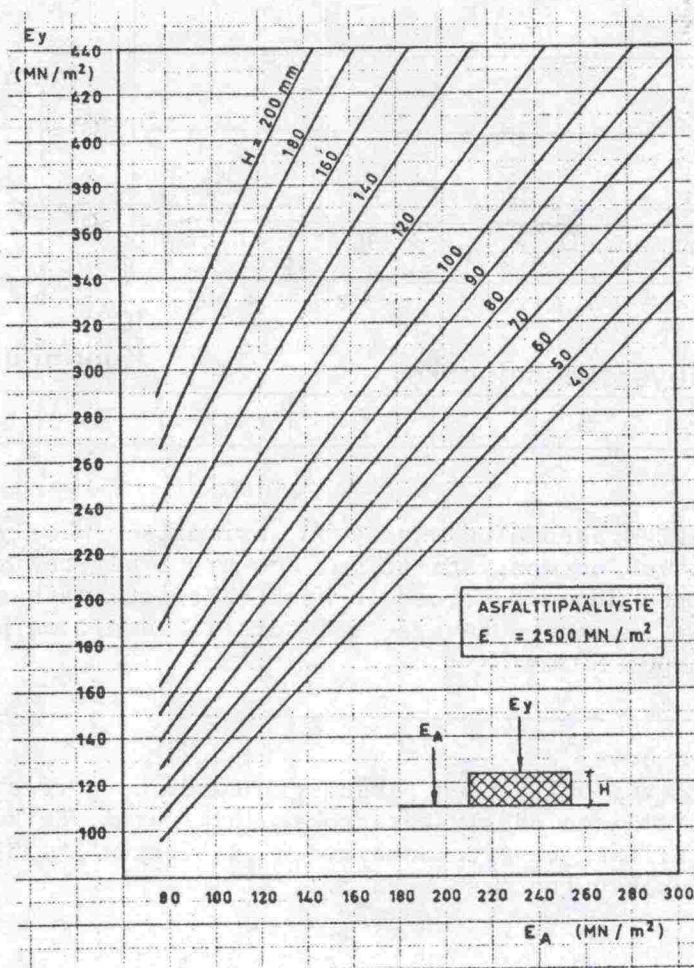


Kuva 8.

Asfalttipäällysteen paksuus. Yhtenäinen porrastusviiva kuvaa ensimmäisen päällystekerroksen paksuutta. Katkoviiva esittää lopullisen tavoitekantavuuden edellyttämää päällysteen kokonaispaksuutta (ks. kuva 3).

Jos korotustarve on suurempi ja saatavissa on myös jakavan kerroksen soraa, tulee yleensä halvemmaksi käyttää molempia materiaaleja. Jakava kerros voidaan tehdä myös murskatusta aineksesta (yhdistetty jakava ja kantava kerros).

Suodatinhiekkää ei kantavuussyistä tai sekoittumisen estämiseksi yleensä tule käyttää, jos vanhan tien kantavuus on $> 30...50 \text{ MN/m}^2$. Jos sekoittumisen estävä hiekkakerros tarvitaan, riittää sen paksuudeksi 150...200 mm. Suodatinhiekan sijasta voidaan käyttää suodatinkangasta (kuitukangas). Valinta tehdään kustannusvertailujen sekä tien korotusmahdollisuuksien pohjalta. Suodatinkangasta ei oteta AB- tai ÖS-päällysteisillä teillä kantavuuslaskelmissa huomioon. Sen sijaan sorapintaiksi jäävillä teillä suodatinkangas otetaan mitoituksessa huomioon siten, että se kohottaa kantavuutta 5 MN/m^2 . Suodatinhiekkää käytetään edellä mainitun lisäksi vauriokohtien korjauksessa, epätasaisten routanousujen torjunnassa tai kun vanhaa tietä leikataan, korotetaan tai oikaistaan.



Kuva 9.
Asfalttipäällysteen mitoitus

Jos vanhan tien pintaa leikataan parantamistyön yhteydessä ennen uusien rakennekerrosten levitystä, ei vanhan tien pinnalta mitattu kantavuusarvo E_A enää soveltu mitoituksen lähtökohdaksi. Näissä tapauksissa mitattua E_A -arvoa pienennetään määrällä, jota vanhasta tiestä leikattu kerros kantavuudeltaan vastaa. Vähennys arvioidaan leikatun kerroksen paksuuden ja aineksen laadun (rakeisuuden) perusteella kuvan 6 käyrästöjen avulla. Leikatun aineksen E_2 -arvona käytetään kuitenkin vähintään arvoa 200 MN/m^2 .

Jos vanhaa tietä leikataan pohjamaahan saakka, mitoite-taan päällysrakenne pohjamaan kantavuusluokan mukaan (ks. liite).

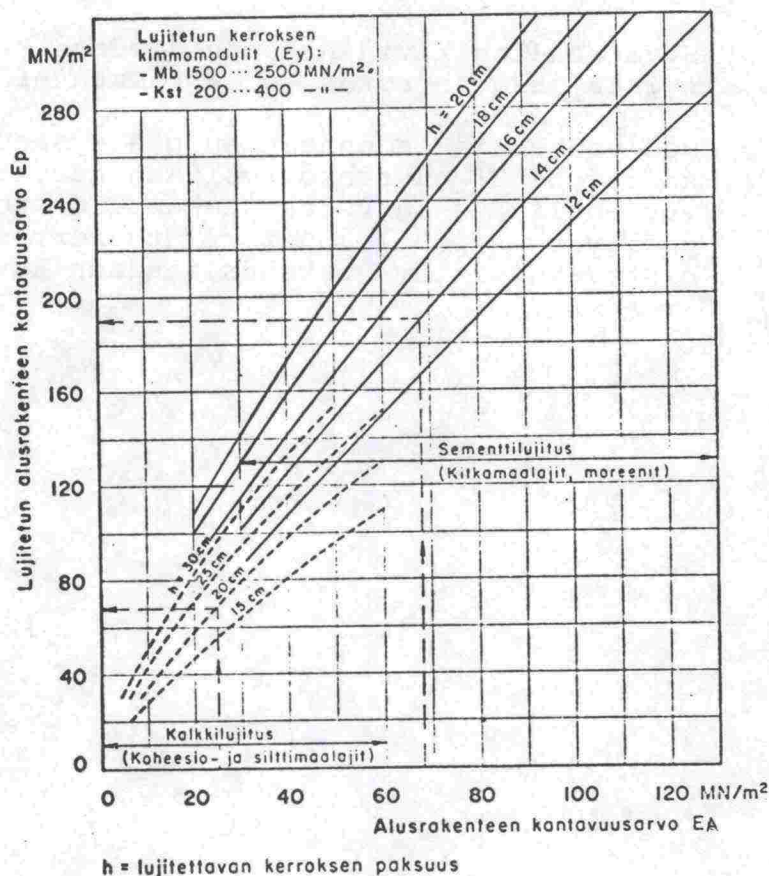
2) Maabetonirakenteen kantavuusmitoitus

Sementillä tai kalkilla lujitetut kerrokset mitoitetaan kuvan 10 käyrästön avulla. Mitoitusmenettely on muilta osin sama kuin sitomattomalla rakenteella.

Maabetoni tehdään tiesekoitus- tai asemasekoitusmenetelmällä. Tiesekoituksessa lujitettavaan kerrokseen käytetään joko pelkästään vanhan tien ainesta, osittain vanhan tien ja osittain uutta ainesta tai kokonaan uutta ainesta. Tiesekoitusta käytettäessä kerroksen minimipaksuus on 150 mm ja enimmäispaksuus työteknisistä syistä 200 mm. Asemasekoitusta käytettäessä vähimmäispaksuus on 120 mm.

Jos maabetoni valmistetaan stabiloimalla vanhan tien pintakerros, tämä otetaan kantavuusmitoituksessa huomioon vähentämällä kerroksen kantavuus vanhan tien pinnalta mitatusta kantavuusarvosta E_A . Menettely on sama kuin edellä kohdassa 1.

Jos vanhalla tiellä on haitallisen suuria epätasaisia routanousuja tai poikkeuksellisen heikkoja kohtia, on nämä kohdat korjattava ennen maabetonikerroksen tekoa (homogenisointi). Korjaustarve arvioidaan ja korjaus tehdään periaatteessa samoin kuin sitomatonta rakennetta käytettäessä (kohta 3.2).



Kuva 10.

Sementti- ja kalkkilujituksen mitoitus. Jos maabetoni tehdään asemasekoitteisena, vähennetään kuvasta saatua kerrospaksuutta 20 %, kuitenkin enintään 120 mm:iin.

Tiesekoitusta käytettäessä maabetonikerroksen päälle tehdään yleensä 100...150 mm paksu sitomaton kantava kerros, joka suojaa maabetonia työn aikaiselta liikenteeltä ja myöhemmin estää maabetonin luontaisten halkeamien heijastumisen päällysteeseen. Kerroksen poistamista voi harkita, jos pohjan kantavuus, liikennejärjestelyt ja ajankohta sallivat.

Sementti- ja kalkkilujitusta koskevat yksityiskohtaisen ohjeet on esitetty Stabiloitiohjeissa (TVH 732614).

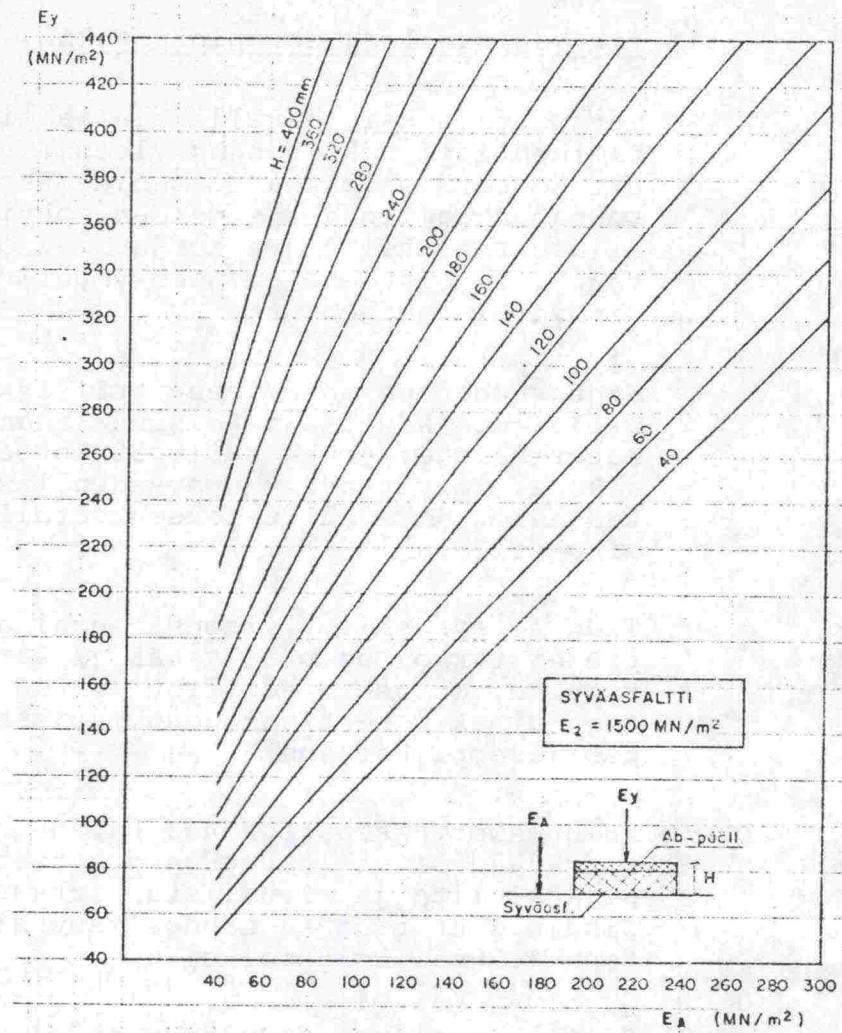
3) Syväasfalttirakenteen kantavuusmitoitus

Syväasfalttirakenteen lähtöedellytyksinä on, että kauttaaltaan tehtävää routahaittojen torjuntaa ei tarvita ja että vanhan tien kantavuus E_A on vähintään 40 MN/m². Syväasfaltin paksuus mitoitetaan kuvan 11 avulla. Syväasfalttikerroksen päälle tehdään vähintään 40 mm paksuinen kulutuskerros asfalttibetonista.

Syväasfalttirakenne mitoitetaan kokonaisuutena siten, että rakenteen kantavuus vastaa kuvassa 4 esitettyä, asfalttipäällysteisen tien ensimmäisen päällystekerroksen päältä vaadittua kantavuutta. Mahdolliset myöhemmät päällystekerrokset toteutetaan kuten AB-päällysteisillä teillä (kuva 8).

Syväasfaltin kiviaineksena voidaan käyttää kustannussyistä jakavan soraa tai soraista hiekkaa.

Jos vanha tie on ennestään päällystetty ja lähtökantavuus E_A suurehko, voidaan tarvittava kantavuuden lisäys saavuttaa tekemällä suoraan vanhan päällysteen päälle uusi kulutuskerros asfalttibetonista. Tarvittava paksuus saadaan kuvasta 9.



Kuva 11.

Syvääsfaltin mitoitus. Rakenteen kokonaispaksuus saadaan kuvasta. Ylin kerros tehdään asfalttibetonista (paksuus vähintään 40 mm).

3.13 Vanhan soratien vahvistaminen

1) Tie jää edelleen sorapintaiseksi

Sorapintaiseksi jäävällä tiellä ei kantavuuden parantaminen läpi koko linjan yleensä ole tarpeen. Keskeisin tehtävä on paikallisten heikkojen kohtien kuten routapuhkeamien ja pehmeiden kohtien korjaus. Sen sijaan routaheittojen korjaus ei ole aina välttämätöntä. Tavoitteena on tien ympärivuotisen liikennöinnin varmistaminen.

Kantavuuden parantamiseen tulisi kunnossapitosyistä mieluummin käyttää rakeisuudeltaan suhteistuneita materiaaleja, jotka säilyvät kosteahkona myös kesäaikana. Tarvittava kantavuuden lisäys voidaan saavuttaa esim. jakavan kerroksen soralla tai murskatuilla aineksilla.

Tien leveys säilyy yleensä ennallaan. Kuitenkin jos tie on tarkoitus päällystää ja samalla leventää lähivuosina, on usein edullista tehdä lopulliseen leveyteen ainakin ne tienkohdat, joissa suoritetaan perusteellisempi korjaus.

Kulutuserroksen teon tai parantamisen yhteydessä korjataan sivukaltevuuden puutteet sekä poistetaan pientareilta ja sivuojusta virtausesteet ja tukkeumat. Sisäluiskat tehdään mahdollisuuksien mukaan kaltevuu-teen 1:2 tai loivemmiksi.

2) Soratie parannetaan öljysorapäällysteiseksi

Vanhan tien kantavuutta parannetaan joko sitomatonta tai maabetonirakennetta käyttäen. Vaikka vanhan tien kantavuus (E_A) ylittäisi kohdassa 3.11 esitetyn ta-voitekantavuuden, ei öljysorapäällystettä kuitenkaan saa tehdä suoraan vanhan tien päälle, vaan väliin on aina tehtävä vähintään 100 mm paksuinen kantava kerros.

Jos vanha sorakulutuskerros muodostaa sekoittumista estävän kerroksen ($E_A > 30...50 \text{ MN/m}^2$), toteutetaan kantavuuden lisäys kantavan tai kantavan ja jakavan kerroksen aineksia käyttäen. Vaurioituneet kohdat (pehmenneet ja puhjenneet kohdat, epätasaiset routa-nousut) korjataan erikseen ks. kohta 3.2.

3) Soratie parannetaan kestopäällysteiseksi

Kantavuutta parannetaan sitomatonta, maabetoni- tai syväasfalttirakennetta käyttäen. Soratien parantaminen suoraan kestopäällysteiseksi tieksi ei kuitenkaan yleensä ole suositeltavaa, sillä epätasaisista routa-nousuista ja painumista aiheutuvaa vaurioriskiä on vaikea arvioida.

Tavallisin menettely on se, että ensi vaiheessa soratie parannetaan öljysorapintaiseksi ja myöhemmin (n. 10...15 v. kuluttua) parannetaan edelleen kestopäällysteiseksi tieksi.

3.14 Vanhan öljysoratien vahvistaminen

Öljysoratien rakenteen parantaminen eroaa soratiestä jo lähtökohdiltaan, sillä öljysoratiet ovat yleensä kauttaaltaan vahvempia ja toisaalta niiden vauriot ovat sidotun pinnan vuoksi todettavissa täsmällisemmin kuin sorateilla.

1) Tie jää edelleen öljysorapäällysteiseksi

Vanhan tien kunnosta riippuen ovat seuraavat ratkaisut mahdollisia

- öljysorapäällysteen uusiminen
- sitomattoman rakenteen vahvistaminen ja uusi öljysorapäällyste.

Pelkkä öljysorapäällysteen uusiminen voi tulla kysymykseen tieosuuksilla, joilla vauriot aiheutuvat lähinnä päällysteen kulumisesta tai haurastumisesta, mutta eivät puutteellisesta kantavuudesta ja joilla vanhan tien kantavuus on mittauksin todettu riittäväksi. Päällysteen uusiminen toteutetaan joko karhitsemalla ja massan lisäyksellä tai tekemällä uusi öljysorakerros karhitun ja murskeen avulla muotoillun pinnan päälle.

Kantavuuden lisäys tehdään yleensä kantavan tai kantavan ja jakavan kerroksen aineksilla. Suodatinkerrosta (suodatinkangasta) tarvitaan vain kantavuudeltaan heikkojen ($E_A < 30...50 \text{ MN/m}^2$) kohtien korjauksessa, joissa uusi rakenne saattaa sekoittua vanhan rakenteen kanssa. Vauriokohtien korjausta käsitellään tarkemmin kohdassa 3.2.

2) Öljysoratie parannetaan kestopäällysteiseksi

Seuraavat rakennevaihtoehdot ovat mahdollisia:

- asfalttibetoni suoraan vanhalle öljysorapinnalle
- asfalttibetoni sekä sitomaton kantava kerros revityn ja oiotun vanhan öljysoran päälle
- asfalttibetoni sekä syväasfaltti revityn ja oiotun vanhan öljysoran päälle.

Parantamisratkaisun valinta riippuu vanhan tien kantavuudesta ja päällysteen kunnosta. Jos vanhan päällysteen vauriot aiheutuvat selvästi kulumisesta, mutta eivät deformatumisesta ja vanhan tien kantavuus E_A on vähintään sama kuin parannetun tien tavoitekantavuus päällysteen alta (ks. kohta 3.11 kuva 3), raken-

teeksi voidaan valita suoraan öljysoran päälle tehtävä AB-päällyste. Lisäehtona on, että vanhan öljysoran paksuus on enintään n. 100 mm. Vanha pinta on myös voitava muotoilla oikeaan sivukaltevuuteen ja riittävään pituus- ja poikittaistasaisuuteen joko karhitsemalla vanhaa öljysoraa tai käyttämällä tasausmassaa. Karhittaessa on varmistauduttava siitä, että kerrokset eivät ohene liikaa ja että kantavuus säilyy riittävänä.

Jos vanhan tien kantavuus on edellä mainittua pienempi, öljysoratiet vahvistetaan kantavan (tai kantavan ja jakavan) kerroksen aineksella tai ohuella syväasfalttikerroksella. Vähimmäiskorotus on kantavaa ainesta käytettäessä 100 mm ja syväasfalttia käytettäessä 50 mm.

Vaurioituneet kohdat korjataan erikseen, ks. kohta 3.2. Epätasaisten routanousujen vähentäminen on tärkeämpää kuin öljysorateilla, sillä routaliikkeet vaurioittavat kestopäällystettä helpommin kuin öljysorapäällystettä.

3.15 Vanhan kestopäällystetien vahvistaminen

Kantavuutta lisätään joko uudelleenpäällystämällä tie asfalttibetonilla tai käyttämällä asfalttibetonipäällysteen lisäksi ohuehkoa syväasfalttikerrosta. Valinta tehdään vanhan päällysteen kunnon perusteella. Jos asfalttimassan menekki muodostuu kohtuuttoman suureksi esim. pinnan oikomisen tai toispuolisen levytyksen vuoksi, voidaan vanhan ja uuden päällysteen väliin tehdä murske- tai murskesorakerros, jonka vähimmäispaksuus on 100 mm. Vahvistamisen yhteydessä haitalliset vauriot korjataan erikseen.

Bitumiliuosorapäällyste on huonon muokattavuutensa vuoksi verrattavissa lähinnä asfalttibetoniin. Vanha bitumiliuosorapäällysteinen tie vahvistetaan yleensä kantavan kerroksen ainesta tai syväasfalttia käyttäen. Jos vanhan tien kantavuus ylittää päällysteen alta vaaditun tavoitekantavuuden, voidaan tie vahvistaa suoraan vanhan päällysteen päälle tehdyllä AB-päällysteellä.

3.16 Esimerkkejä päällysrakenteen kantavuusmitoituksesta

Seuraavat esimerkit on tarkoitettu selventämään rakenteiden teknistä kantavuusmitoitusta. Päällysrakenteen lopullinen suunnittelu tehdään kustannustarkastelujen ja muiden asiaan vaikuttavien tekijöiden pohjalta.

Esimerkki 1: Soratie parannetaan öljysorapintaiseksi

Lähtötiedot:

- KVL tien parantamisvuonna 700 ajon/vrk, joista raskaita ajoneuvoja 120 kpl/vrk
- tien leveys 7 m
- käytettävissä olevien materiaalien E_2 -kantavuusarvot:
 - suodatinhiekkä n. 100 MN/m^2
 - jakavan sora n. 200 MN/m^2
 - murskesora n. 300 MN/m^2

Mikä on rakennekerrosten tarvittava paksuus a) sitomatonta ja b) maabetonirakennetta käyttäen, jos vanhan tien kantavuus $E_A = 40 \text{ MN/m}^2$ ja $E_A = 85 \text{ MN/m}^2$?

Kuormituskertaluku $K = 1,0 \cdot 5,5 \cdot 10^5 = 5,5 \cdot 10^5$ (kohta 1.1), joten rakenne mitoitetaan päällysrakenneluokan 4 ÖS mukaan. Kevät-kantavuustavoite päällysteen alta $E_2 = 125 \text{ MN/m}^2$ (kohta 3.11).

a) Sitomaton rakenne

Vahvistus tehdään kantavan ja jakavan kerroksen aineksilla. Suodatinhiekkää ei käytetä, sillä kerrosten sekoittumisvaaraa ei ole.

Kantavan kerroksen paksuudeksi valitaan 100 mm. Kuvasta 6f todetaan, että jakavan kerroksen paksuus tulee mitoittaa siten, että kerroksen päällä kantavuus on 102 MN/m^2 . Kuvasta 6e saadaan tällöin jakavan paksuudeksi n. 320 mm, kun $E_A = 40 \text{ MN/m}^2$ ja n. 100 mm, kun $E_A = 85 \text{ MN/m}^2$. Jos jälkimmäisessä tapauksessa vahvistus tehdään pelkästään murskesoraa käyttäen, saadaan kerroksen paksuudeksi kuvasta 6f n. 150 mm.

b) Maabetonirakenne

Maabetoni tehdään asemasekoitteisena suoraan vanhan tien päälle (minimipaksuus 120 mm). Maabetonin ja päällysteen väliin tehdään 100 mm kantava kerros murskesorasta.

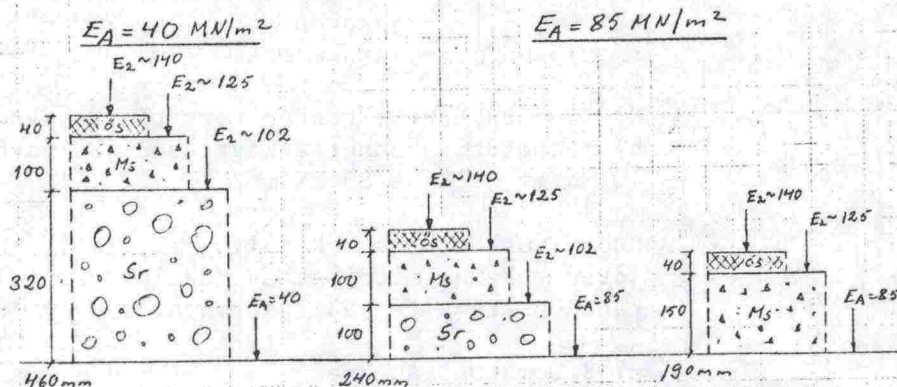
Kuvan 10 mukaan 150 mm maabetonikerroksella (vastaa 120 mm asemasekoitettua kerrosta) päästään kantavuuteen n. 130 MN/m^2 , kun $E_A = 40 \text{ MN/m}^2$ ja kantavuuteen n. 240 MN/m^2 , kun $E_A = 85 \text{ MN/m}^2$. Siten jo 120 mm paksuisella minimikerroksella tavoitekantavuus 125 MN/m^2 ylitetään, joten maabetonin päälle tuleva murskesorakerros ei kantavuussyistä olisi lainkaan tarpeen.

Jos maabetoni valmistetaan tiesekoitusmenetelmällä stabiloimalla vanhan tien pintakerros, on E_A -arvosta ensin vähennettävä stabiloidun kerroksen kantavuusvaikutus. Oletetaan maabetonikerroksen paksuudeksi 150 mm, jolloin kuvan 6e ($E_2 = 200$) avulla saadaan mitoituksen lähtökantavuudeksi $E_A' = 40 - 22 \approx \underline{18 \text{ MN/m}^2}$ ja $E_A' = 85 - 30 \approx \underline{55 \text{ MN/m}^2}$.

Mitoituskäyrästä todetaan, että kun $E_A' = 18$, ei 150 mm maabetonikerros riitä, vaan sitä on paksunnettava 200 mm:iin ja lisäksi tehtävä Ms-kerros 120 mm paksuksi. Kun lähtökantavuus $E_A' = 55$, on 150 mm maabetonikerros riittävä.

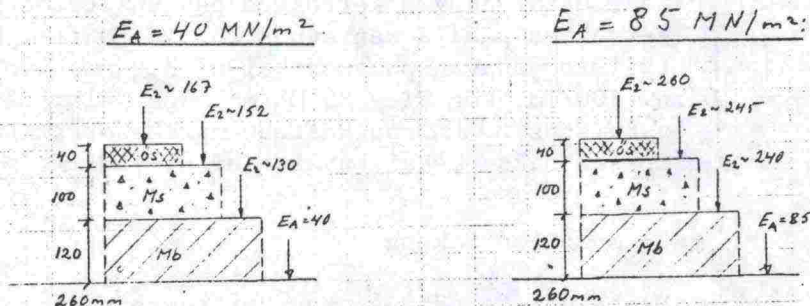
Rakennevaihtoehdot ja eri kerrosten kantavuudet ilmenevät tarkemmin oheisesta kuvasta:

a) SITOMATON RAKENNE

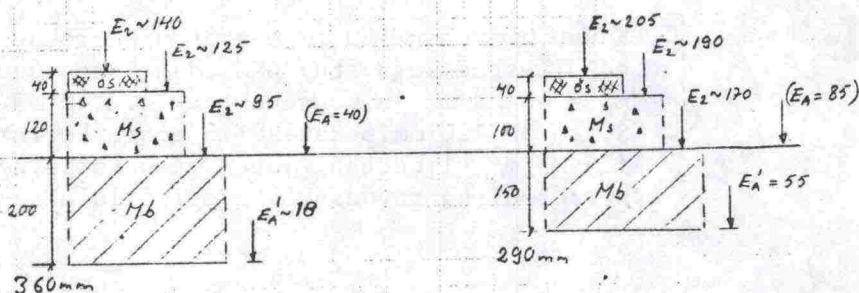


b) MAABETONIRAKENNE

Asemasekoitus:



Tiesekoitus:



Esimerkki 2: ÖS-tie parannetaan AB-pintaiseksi tieksi

Lähtötiedot:

- KVL 1500 ajon/vrk, joista raskaita 220 kpl/vrk
- tien leveys 7 m
- käytettävissä olevat sitomattomat materiaalit
 - jakavan luonnonsora, $E_2 \sim 280 \text{ MN/m}^2$
 - kantavan kerroksen murske, $E^2 \sim 350 \text{ MN/m}^2$.

Mikä on rakennekerrosten tarvittava paksuus a) sitomatonta ja b) syväasfalttirakennetta käyttäen, jos vanhan tien kantavuus $E_A = 70 \text{ MN/m}^2$ ja $E_A = 120 \text{ MN/m}^2$.

Kuormituskertaluku $K = 1,0 \cdot 1,4 \cdot 10^6 = 1,4 \cdot 10^6$ eli rakenne mitoitetaan päällysrakenneluokan 3 AB mukaan. Tarvoitekantavuus päällysteen alta $E_2 = 160 \text{ MN/m}^2$ ja päällysteen päältä $E_2 = 265 \text{ MN/m}^2$, kun kaikki päällystekerrokset on tehty (kuva 4). Ensimmäisen päällystekerroksen paksuus on kuvan 8 mukaan 50 mm.

a) Sitomaton rakenne

Kantavan kerroksen paksuudeksi valitaan 150 mm. Kuvia 6f ja 6g apuna käyttäen saadaan tällöin jakavan paksuudeksi n. 150 mm, kun vanhan tien kantavuus $E_A = 70 \text{ MN/m}^2$. Kun vanhan tien kantavuus $E_A = 120 \text{ MN/m}^2$, ei jakavaa kerrosta tarvita, vaan vahvistukseksi riittää n. 130 mm:n murskekerros.

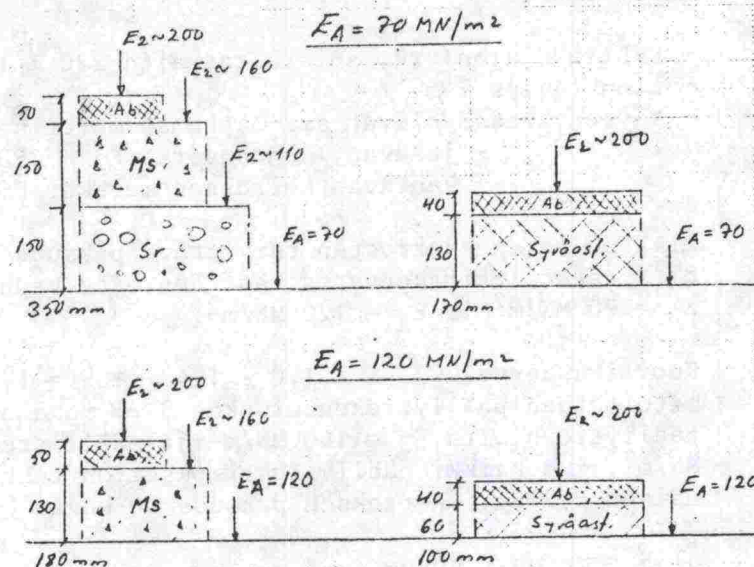
b) Syväasfalttirakenne

Syväasfalttirakenteen paksuus mitoitetaan siten, että kantavuus on sama kuin sitomattomalla rakenteella ensimmäisen päällystekerroksen päältä. Tavoitekantavuus on 200 MN/m^2 . Syväasfalttirakenteen paksuudeksi saadaan kuvasta 11 170 mm, kun $E_A = 70 \text{ MN/m}^2$ ja 100 mm, kun $E_A = 120 \text{ MN/m}^2$.

Ensimmäisen päällystevaiheen kerrospaksuudet ja eri kerrosten kantavuudet on esitetty oheisessa kuvassa. Myöhemmin toteutettava toisen päällystekerroksen paksuus on 40 mm.

a) Sitomaton rakenne

b) Syväasfalttirakenne



Esimerkki 3: Vanhan asfalttipäällysteisen tien vahvistaminen

Lähtötiedot:

- KVL 2500 ajon/vrk, joista raskaita ajoneuvoja 330 kpl/vrk
- tien leveys 9 m.

Miten paksulla asfalttibetonikerroksella tietä tulisi vahvistaa, kun vanhan tien kantavuus $E_A = 175 \text{ MN/m}^2$?

Kuormituskertaluku $K = 0,5 \cdot 2 \cdot 10^6 = 1,0 \cdot 10^6$ eli rakenne mitoitetaan päällysrakenneluokan 3AB mukaan. AB-päällysteen paksuus valitaan siten, että saavutetaan päällysrakenneluokassa 3AB ensimmäisen päällystekerroksen päältä vaadittu kantavuus. Tavoitekantavuus on siten 200 MN/m^2 (vert. esimerkki 2) ja kuvan 9 mukaan riittävä kantavuus saavutetaan ensimmäisessä vaiheessa n. 40 mm AB-kerroksella.

3.2 ROUTIMISEN RAJOITTAMINEN

3.20 Yleistä

Routimisen aiheuttamat haitat ilmenevät kantavuuden alenemisena keväisin (pehmeneminen, puhkeamat, päällystevauriot), tienpinnan epätasaisuutena pituus- tai poikkisuunnassa tai routanousuista aiheutuvina päällystehalkeamina, joista tyypillisimpiä ovat pituussuuntaiset halkeamat. Korjaustapa riippuu vaurion tyypistä ja syystä.

Tien pinnan epätasaisuuksien korjaustarve riippuu tien toiminnallisesta luokasta ja liikennemäärästä, joiden mukaan tavoitteena oleva laatutaso määräytyy. Mitä suurempi on liikenteen nopeus ja määrä, sitä tasaisemman tulisi tienpinnan olla.

Epätasaisuuksien korjaustarve arvioidaan ensisijaisesti kevättalvella tehtyjen koeajojen, tien vaurioiden ja käyttäytymisen perusteella. Jos vanhalla tiellä on tehty routavaaituksia, voidaan korjaustarvetta arvioitaessa käyttää tukena myös taulukkoa 5, jossa on esitetty tieluokittain sallittavat tienpinnan pituussuuntaiset kaltevuuden muutokset parannetun tien päältä. Taulukko 5 on tarkoitettu suuntaa antavaksi ohjeeksi. Tien poikkisuunnassa epätasaisuus saa olla suurempi kuin pituussuunnassa.

Taulukko 5.

Sallittavat tienpinnan pituussuuntaiset kaltevuudenmuutokset. Luvut ovat suuntaa antavia.

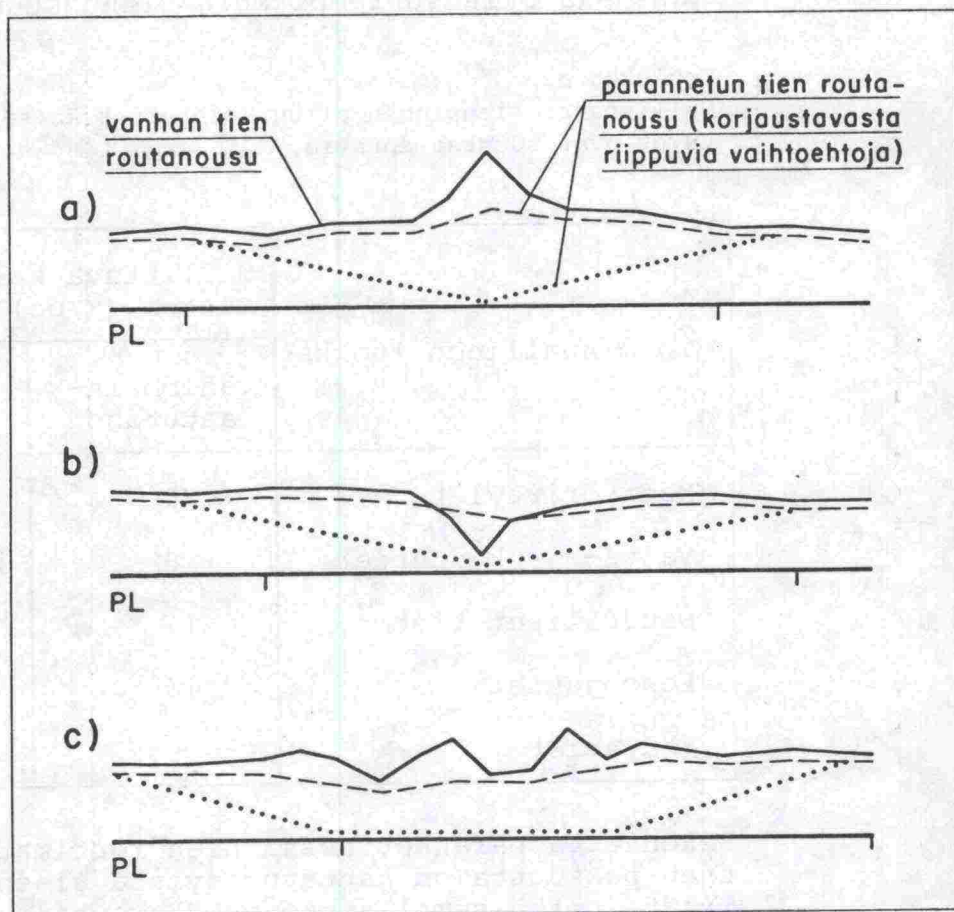
Toiminnallinen luokka	Sallittava kaltevuudenmuutos (°/oo)	
	vähimmäislaatu- tasotaso	korkein laatu- tasotaso
Moottoriväylät	6	4
Valta- ja kantatiet	8	5
Seudulliset tiet	11	7
Kokoojatiet	16	9
Yhdystiet	-	15

Rakennetta parannettaessa tien routimattoman rakenteen paksuutta on kantavuussyistä yleensä tarpeen lisätä, mikä samalla pienentää routanousujen suu-

ruutta ja myös jossain määrin tasaa routanousueroja (likimääräisesti voidaan arvioida, että rakenteen paksuntaminen 100 mm:llä pienentää routanousua keskimäärin n. 10 mm). Kuitenkin jos vanhan tien routanousuerot (kaltevuudenmuutokset) ovat suuria, ei routimattoman rakenteen pienehkö paksuntaminen useinkaan tasaa routanousueroja riittävästi, vaan ne on tarvittaessa korjattava erikseen.

Epätasaisuutta korjattaessa on tavoitteena, että korjatun kohdan tasaisuus pysyy likimain sallituissa rajoissa ja että merkittäviä päällystevaurioita ei synny (vet. kuva 12). On huomattava, että öljysora-päällyste kestää vaurioitumatta tuntuvasti suurempia epätasaisuuksia kuin asfalttipäällyste. Routanousuista ja vanhan tienpinnan painumista aiheutuneiden epätasaisuuksien erottaminen on tärkeää, sillä korjaustapa on erilainen.

Routanousuista aiheutuvat päällystehalkeamat (esim. keskisaumahalkeamat) on korjattava silloin, kun niistä aiheutuu onnettomuus- tai ajoneuvojen vaurioitusmisvaaraa tai haittaa kunnossapidolle. Päällystehalkeamien torjuminen on usein kallista, joten korjaustarve ja -menetelmä on arvioitava tapauksittain.



Kuva 12.
Esimerkkejä korjaustavan vaikutuksesta parannetun tien routanousuihin.

3.21 Vauriokohtien korjaus

Vauriokohta korjataan yleensä jollain seuraavista menetelmistä tai niiden yhdistelmällä:

- vanhan rakenteen korvaaminen uutta tietä vastaavalla rakenteella
- maalaatikko
- vanhan tien korotus routimattomalla aineksella
- siirtymäkiilat
- vanhan tierungon tai pohjamaan paikallinen homogenisointi
- sivusuuntaisen vedetulon esto tai pohjaveden pinnan alentaminen salaojittamalla, jotta veden jäätyminen tien rakennekerooksissa tai alusrakenteessa estyy
- lämpöeristeet.

Erikoistapauksissa kysymykseen tulevat korjausmenetelmät kuten halkeamien esto teräsverkoin ja erilaiset stabiloinnit suunnitellaan tapauskohtaisesti.

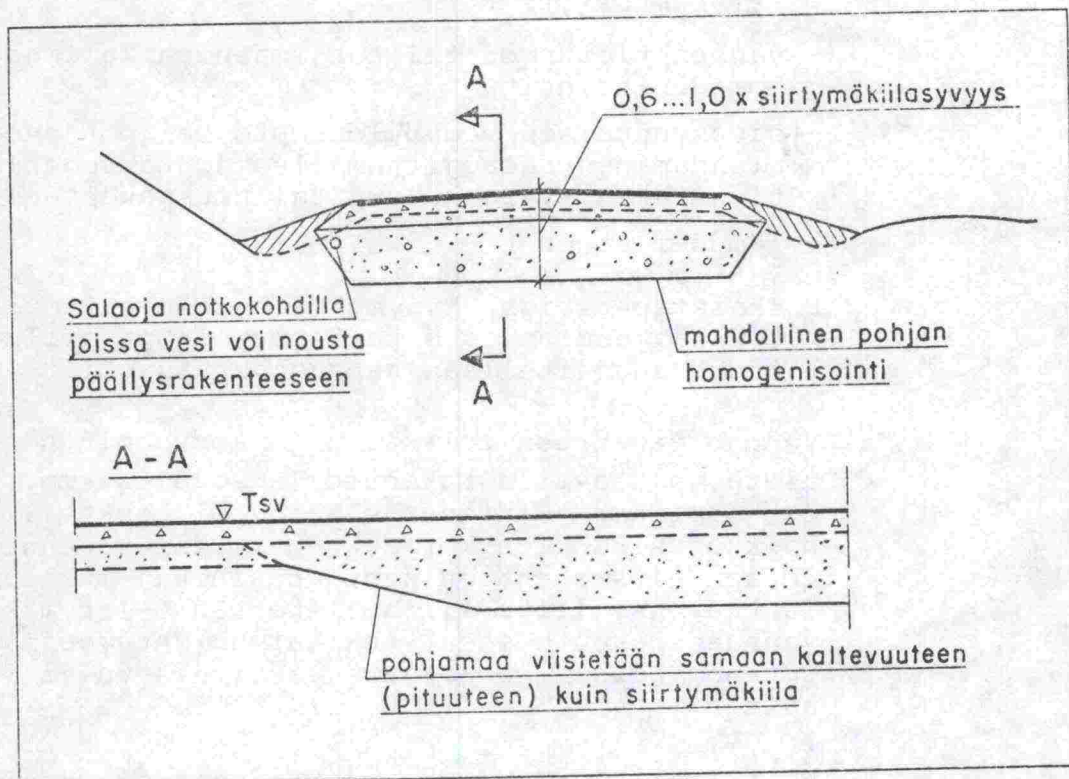
- a) Vanhan rakenteen poiskaivu ja korvaaminen uutta tietä vastaavalla rakenteella soveltuu mm. routapuhkeamien ja kantavuudeltaan poikkeuksellisen heikkojen kohtien korjaukseen. Uusi rakenne mitoitetaan alusrakenteen kantavuusluokan mukaan (F-luokka, ks. liite 1) ja liitetään siirtymäkiiloin vanhaan rakenteeseen. Aukikaivun yhteydessä tarkistetaan, poistaako korjaus vaurion syyn ja ilmenneet haitat.

Menetelmällä ei suuria routanousueroja useinkaan pystytä poistamaan. Jos pohjamaa on hyvin epähomogeenista ja lohkareista, on vaurio yleensä syytä korjata maalaatikkorakennetta tai lämpöeristeitä käyttäen. Pohjamaan laatu on usein todettavissa jo maan pinnalta tien vierestä.

- b) Maalaatikkorakenteen paksuus (tasausviivan etäisyys routivasta aineksesta) on vauriokohtien korjauksessa 0,6...1,0 x siirtymäkiilasyvyys (ks. kuva 16). Tarvittavaan paksuuteen vaikuttaa
- vaurion laatu (lievissä vaurioissa paksuus on pienempi kuin pahoissa)
 - tavoitteena oleva laatutaso (tien luokka ja liikennemäärä)
 - vanhan tien rakenne (jos vanhalla tiellä on ennestään paksuhko routimaton rakenne, ei pieni lisäpaksuus välttämättä vähennä vauriota olennaisesti)
 - maalaatikon täyttöaines. Täyttöaineksen tulee olla kosteutta pidättävää suodatinhiekkää. Jos aines on karkeata, maalaatikkoa paksunnetaan 0,2 m.

Maalaatikon päällysrakenne mitoitetaan kantavuusluokan D (täyttöaineksen rakeisuuden) mukaan (ks. liite 1). Maalaatikon päät liitetään siirtymäkiiloin viereiseen vanhaan tierakenteeseen.

Maalaatikkorakenteeseen voidaan liittää pohjamaan homogenisointi (kivien poisto). Homogenisointia ei kuitenkaan tarvitse ulottaa siirtymäkiilasyvyyttä syvemmälle.



Kuva 13.
Maalaatikkorakenne

- c) Vanhan tien korottaminen vastaa periaatteessa edellä mainittuja menetelmiä ja rakenne mitoitetaan samoin kuin edellä. Maalaatikkorakenteen paksuuteen luetaan mukaan vanhan tien routimattomat kerrokset.

Vanhan tien tuntuva korotus ei yleensä ole suositeltava ratkaisu, sillä se vaatii usein kokonaan uudet ojajärjestelyt ja tekee tien reunat epähomogeeniseksi keskittien kanssa. Korjaustapa ei myöskään poista vaurion syytä, joten lopputuloksen laatu on epävarma. Menetelmää kannattaa käyttää silloin, kun samalla on tarpeen parantaa tien tasausviivaa.

- d) Siirtymäkiilloilla tasataan tienpinnan routanousu-
ero esim. rumpupaikoilla ja routivan maan ja kal-
lion rajakohdilla. Erityisesti tulee selvittää
kiillojen tarve ja mitoitus rumpujen ja muiden kiin-
teiden rakenteiden kohdilla.

Siirtymäkiillat tehdään joko routimattomasta ainek-
sesta tai lämpöeristeestä.

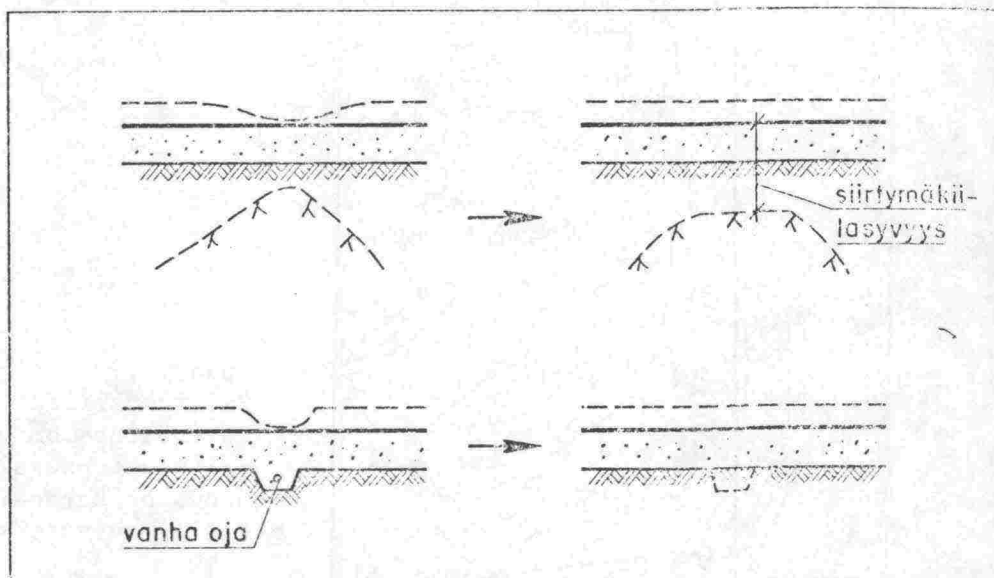
Routimattomasta aineksesta tehdyn kiilan syvyys on
esitetty kuvassa 16. Parannettavilla teillä kiilan
kaltevuus on tieluokasta riippuen seuraava:

- (moottoriväylät 1:30...1:40)
- valta- kantatiet 1:20...1:30 (riippuen vaurion
laadusta)
- seudulliset ja kokoojatiet 1:15...1:20 (riippuen
vaurion laadusta)
- yhdystiet 1:10...1:15 (riippuen vaurion laadusta).

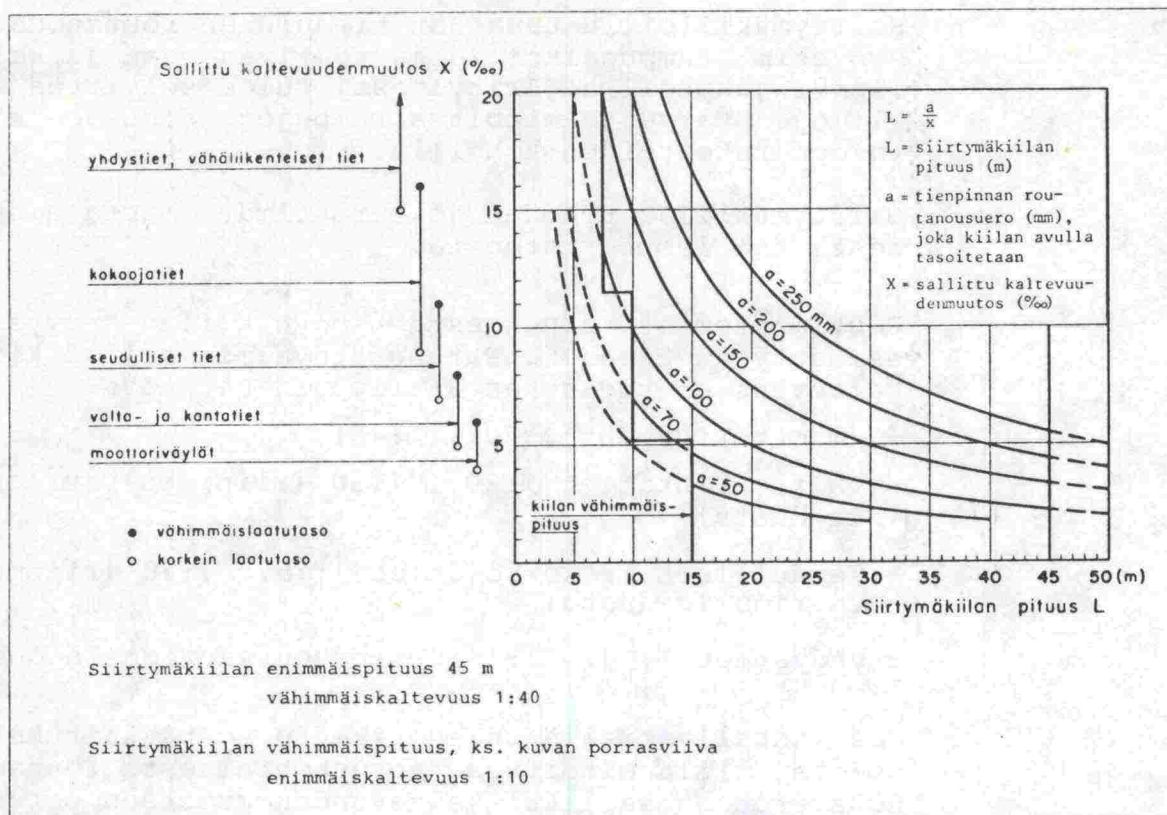
Jos vanhalla tiellä on suoritettu routavaaituksia,
voidaan kiila mitoittaa tapauskohtaisesti routa-
nousueron ja sallitun kaltevuudenmuutoksen perus-
teella kuvan 15 avulla. Rumpujen yhteyteen tehtävät
kiillat mitoitetetaan kertomalla kuvasta 15 saatu pi-
tuus kertoimella 1,4.

Maalaatikon yms. rakenteiden päihin tulevien siir-
tymäkiillojen pituus (kaltevuus) mitoitetetaan samoin
kuin varsinaisissa siirtymäkiilloissa.

- e) Tierungon tai pohjamaan homogenisoinnilla pyritään
vanha rakenne saamaan tasalaatuiseksi siten, että
routanousu olisi mahdollisimman tasainen. Homogeni-
sointi voi tulla kysymykseen esim. vanhan tie-
rakenteen tai pohjamaan äkillisissä muutoskohdissa,
maalaatikon pohjassa tai maakivien poistossa.

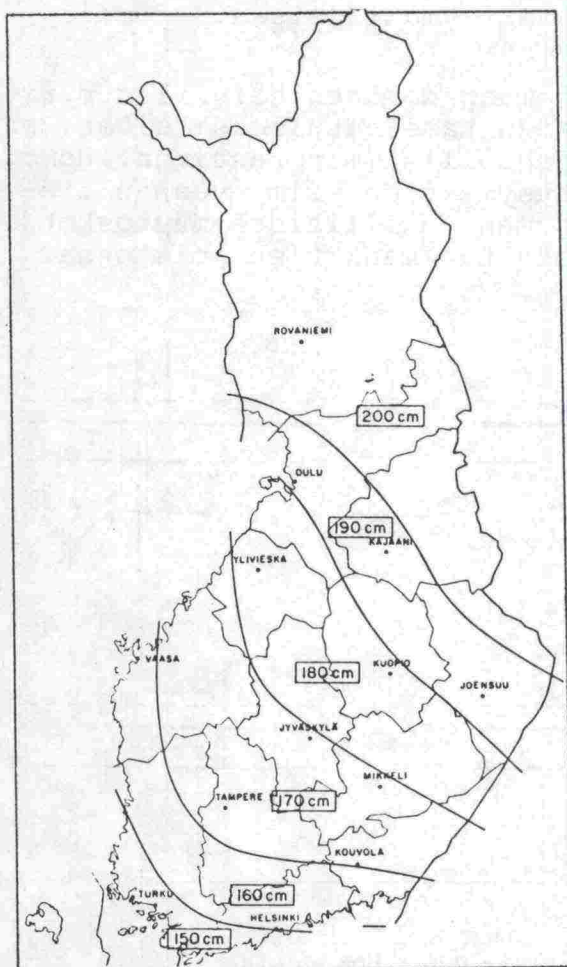


Kuva 14.
Esimerkkejä vanhan tierakenteen homogenisoinnista.



Kuva 15.

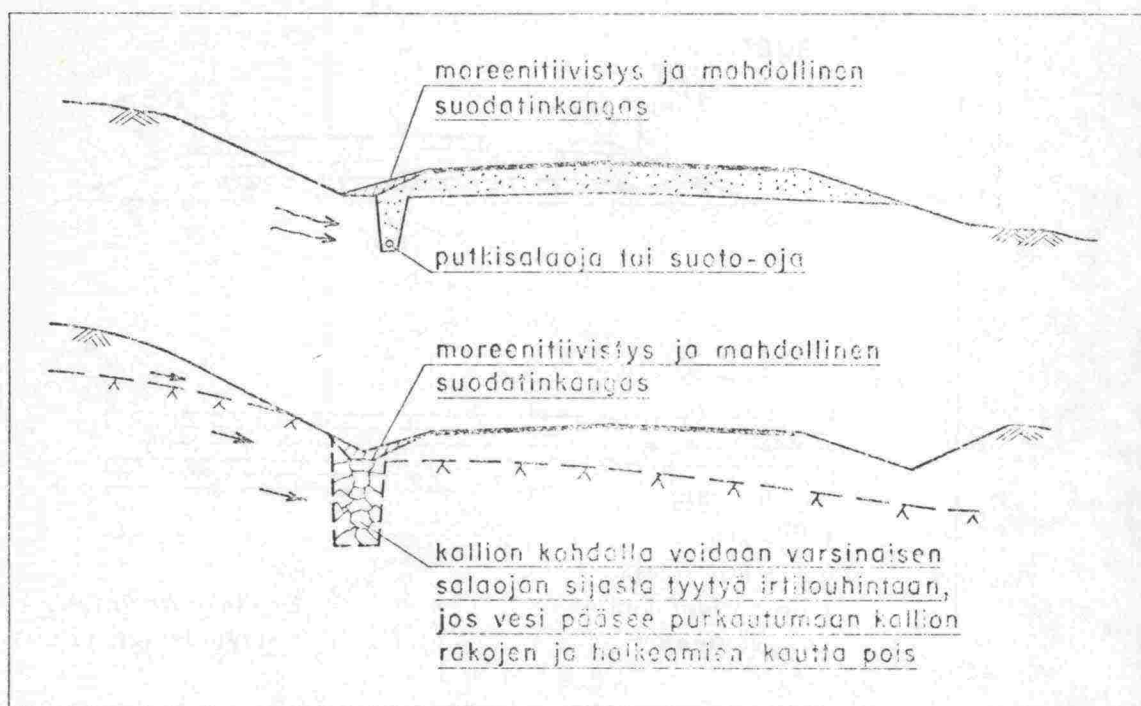
Siirtymäkiilan pituuden mitoittaminen routavaaitustulosten perusteella (rumpukiilat mitoitetaan kertomalla kuvasta saatu pituus luvulla 1,4).



Kuva 16.

Siirtymäkiilan sysyys, kun täyttöaine on hiekkaa. Jos poikkeustapauksissa täyttöaine on karkeata, lisätään kiilan syvyyttä 0,2 m.

- f) Sivusuuntainen pohjaveden virtaus katkaistaan tai pohjavettä alennetaan salaojan avulla. Sivusuuntaisen virtauksen katkaiseva salaoja tulisi sijoittaa routarajan alapuolelle. Kallion kohdalla voi salaojan sijasta tulla kysymykseen sivuojan kohdalle tehty routarajan alapuolelle ulottuva irtilouhinta.

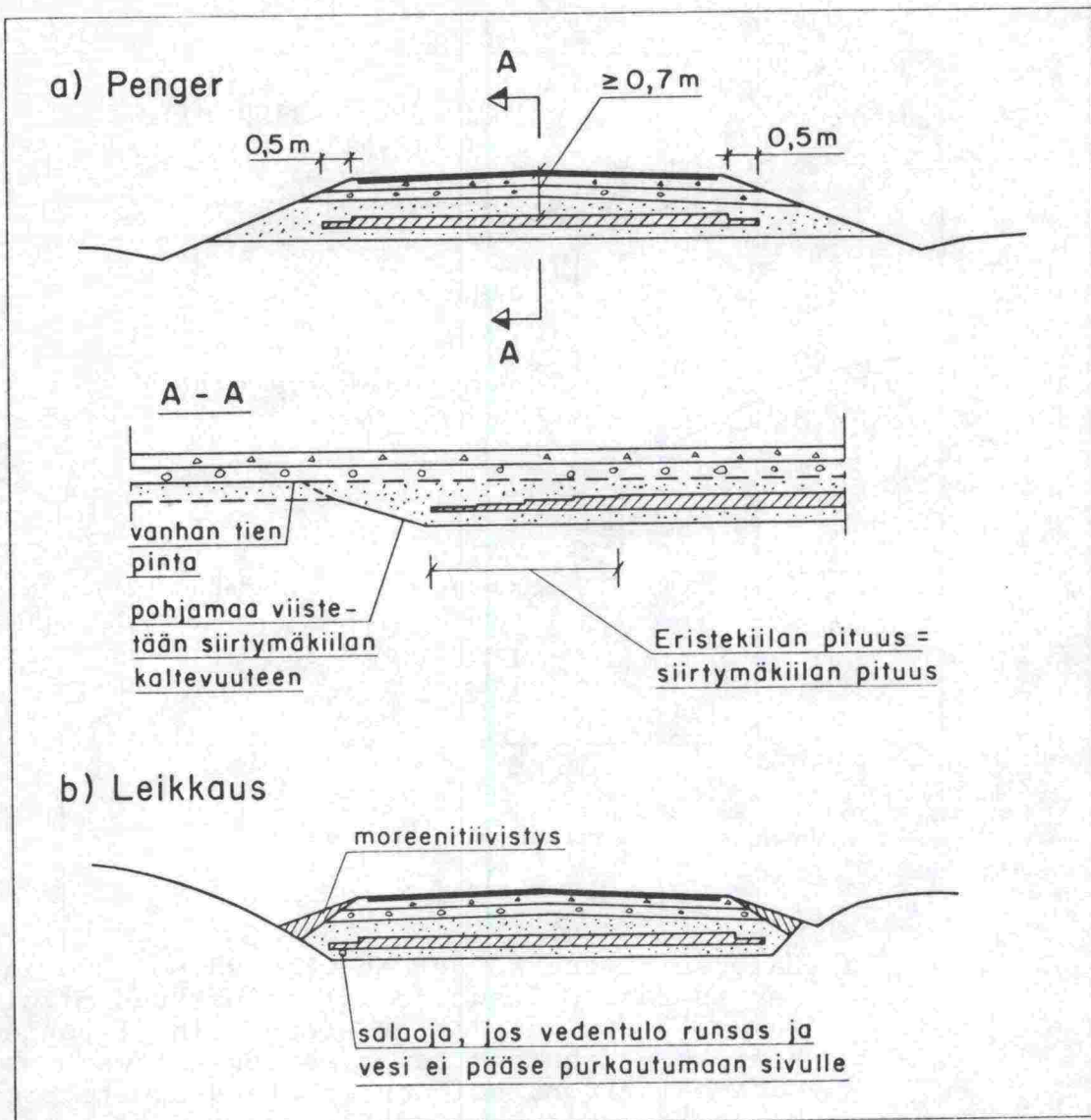


Kuva 17.
Sivusuuntaisen virtauksen katkaiseminen.

- g) Lämpöeristeenä käytetään yleensä solumuovia tai kevytsoraa. Solumuovieristeen paksuus mitoitetaan kuvan 19 avulla. Jos eristeen alla olevan suodatin-kerroksen (routimattoman kerroksen) paksuus ylittää vähimmäisarvon, voidaan eristepaksuutta pienentää kuvan taulukon mukaisesti (esim. sijoitettaessa lämpöeriste suoraan vanhan tien päälle, jossa on routimattomia kerroksia).

Kevytsoraeriste mitoitetaan siten, että sen paksuus on kuusinkertainen solumuoviin verrattuna.

Lämpöeriste sijoitetaan vähintään 700 mm etäisyydelle valmiin tien pinnasta. Tien poikkisuunnassa lämpöeriste ulotetaan 0,5 m pientareen ulkoreunan ulkopuolelle ks. kuva 18. Jos lämpöeristettyyn tien-kohtaan liittyy talvisin aukipidetty eristämätön tie, ulotetaan lämpöeriste kiilamaisesti liittyvälle tielle siten, että haitallista äkillistä routakynnystä ei synny.



Kuva 18.
Lämpöeristeen sijoitus tierakenteeseen.

Lämpöeristetyn rakenteen kantavuusmitoitus tehdään alusrakenteen kantavuusluokan (vanhan tien kantavuuden) mukaisesti (lämpöeristekerros on osa suodatinkerrosta).

Lämpöeristeen päät rakennetaan kiilamaisesti matkalla, joka vastaa routimattomasta aineksesta tehdyn siirtymäkiilan pituutta. Jos vanhalla tiellä on tehty routavaaituksia, voidaan kiilan pituus mitoittaa tarkemmin kuvan 15 avulla (täyspaksun eristeen kohdalla parannetun tien routanousu = 0).

ESIMERKKI LÄMPÖERISTEEN MITOITUKSESTA:

Joensuun lähellä sijaitsevan kantatien parantamisen yhteydessä routavauriokohta korjataan lämpöeristettä käyttäen.

- a) Mikä on tarvittava solumuovieristeen paksuus, jos lämpöeriste sijoitetaan suoraan vanhan ös-pinnan päälle ja vanhalla tiellä on routimattomia kerroksia n. 450 mm?

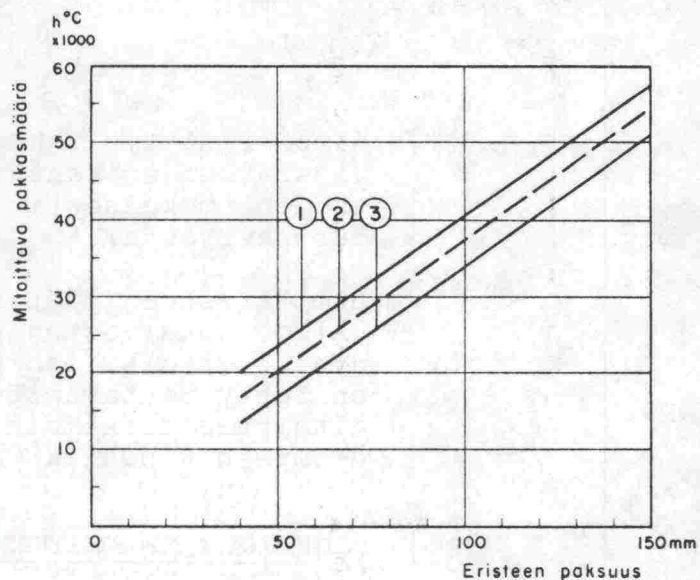
Mitoittava pakkasmäärä on 1600 vrk $^{\circ}\text{C}$ (kuva 19). Kuvan 19 nomogrammista saadaan suulakepuristetun solumuovin paksuudeksi 100 mm (käyrä 2, leikkauskohta). Eristeen alla oleva routimaton kerros ylittää vähimmäispaksuuden h_{\min} noin 300 mm:llä, joten eristeen paksuutta voidaan ohentaa. Kuvan 19 taulukosta interpoloimalla saadaan paksuudeksi 70 mm.

- b) Miten pitkällä matkalla lämpöeristeen päät tulee kiilata, jos tien parantamisen jälkeen routanousu on arvion mukaan n. 100 mm lämpöeristetyn tienkohdan ulkopuolella?

Routanousuero, joka kiilan avulla tasoitetaan on 100 mm (lämpöeristetyllä osuudella routanousu oletetaan nolaksi). Sallituksi kaltevuudenmuutokseksi valitaan 7 ‰ (tien liikennemäärä pie-nehkö). Kuvan 15 nomogrammin mukaan kiilan riittävä pituus on n. 14 m; valitaan kiilan pituudeksi L = 15 m.



MITOITTAVA PAKKASMÄÄRÄ (kerran 10 vuodessa esiintyvä pakkasmäärä, h °C).



- ① Suulakepuristettu solumuovi
- kuivat olosuhteet (penkereet)
- ② Suulakepuristettu solumuovi
- märät olosuhteet (leikkaukset)
Paisutettu solumuovi
- kuivat olosuhteet
- ③ Paisutettu solumuovi
- märät olosuhteet

ERISTEEN ALLE TULEVAN SUODATIN-KERROKSEN VÄHIMMÄISPAKSUUS h_{min}



E-Suomi h_{min} 100mm
K-Suomi h_{min} 150mm
P-Suomi h_{min} 200mm

Jos eristeen alla oleva suodatinkerros (routimaton kerros) on paksumpi kuin vähimmäispaksuus h_{min} , pienennetään yllä olevasta kuvasta saatua eristeen paksuutta seuraavasti:

Eristeen paksuus kuvan mukaan (mm)	Eristeen alla olevan routimattoman kerroksen paksuus (mm)			
	$h_{min} + 200$	$h_{min} + 400$	$h_{min} + 600$	$h_{min} + 800$
	Eristekerroksen korjattu paksuus (mm)			
40	30	30	30	30
50	35	30	30	30
60	40	30	30	30
70	50	35	30	30
80	60	40	30	30
90	70	50	35	30
100	80	60	40	30
110	90	70	50	35
120	100	80	60	40
130	110	90	70	50
140	120	100	80	60
150	130	110	90	70

1) Eristeen paksuus valitaan markkinoilla saatavissa olevista levyepaksuuksista siten, että taulukossa mainittua paksuutta ei aliteta. Jos taulukon paksuus ylitetään, voidaan eristeen alle tulevan routimattoman kerroksen paksuutta vastaavasti pienentää.

Vaurion korjausmenetelmän valinta

Jos vaurion korjaus on mahdollista tehdä usealla menetelmällä, eri vaihtoehtoja vertaillaan ja menetelmä valitaan lähinnä seuraavien tekijöiden mukaan:

- lopputuloksen laatutaso verrattuna tien luokan ja liikennemäärän mukaan määräytyvään tavoitetasoon
- korjauksen onnistumistodennäköisyys
- tien tasausviivan asema ja käytettävissä oleva tila: onko tarvetta valita sellainen korjausmenetelmä, jolla samalla voidaan parantaa tien tasausviivaa
- menetelmän tekninen toteuttamiskelpoisuus: työnaikaisen liikenteen hoito, työn toteuttamisajankohdan ja paikallisten olosuhdetekijöiden asettamat rajoitukset
- korjausmenetelmän kustannukset

3.3 POHJAMAAN VAHVISTAMINEN

Pohjamaan vahvistustöillä varmistetaan tiepenkereen tai leikkausluiskan vakavuus, estetään ja korjataan painumahaitat sekä eroosioauriot. Vahvistustarve selvitetään maastotarkasteluilla, pohjatutkimuksilla ja tarvittaessa vakavuus- ja painumalaskelmilla.

Tiepenkereen vakavuuden on yleensä oltava kokonaisvarmuuskertoimella ilmaistuna $\geq 1,5$. Painumien haitallisuus ja korjaustarve arvioidaan taulukon 5 (s.35) avulla.

Rakenteen parantamiskohteissa käytetään mm. seuraavia pohjanvahvistusmenetelmiä.

- pengertämistä vaiheittain voidaan käyttää penkereen korottamiseen pohjamaan ollessa silttiä,
- vastapenkereet ovat vanhaa tietä korotettaessa usein käyttökelpoinen ja halpa menetelmä vakavuuden parantamiseksi. Menetelmä vaatii paljon tilaa.
- teloja käytetään lähinnä levitettäessä vanhaa telaa,
- ylipengertä käytetään pohjamaan painumien nopeuttamiseksi ja tasaamiseksi esim. laajempien tielevitysten yhteydessä.
- kevytpenger (esim. kevytsorasta) soveltuu mm. painumahaittojen korjaamiseen ja estämiseen, erityisesti siltojen tulopenkereissä ja paalutuksen rajakohdissa. Menetelmä parantaa myös vakavuutta.

- massanvaihtoa käytetään levitettäessä massanvaihdon varaan perustettuja penkereitä tai, jos penkeroon korotus ylittää pohjamaan kantokyvyn tai aiheuttaa liian suuret painumat ja muita halvempia menetelmiä ei voida käyttää,
- paalutusta käytetään siltojen tulopenkereitä ja vanhan paalukentän levityksiä lukuunottamatta harvoin. Kallis menetelmä.
- kalkkipilarien, pystyjoituksen ym. harvinaisempien menetelmien käytöstä on sovittava TVH:n maatumkimus-toimiston kanssa,
- kevennysleikkauksia, tukimuureja, kivikoreja, luiska-paaluja ym. luiskien vahvistusmenetelmiä saatetaan joutua käyttämään syvennettäessä tai levennettäessä leikkauksia.

Pohjanvahvistusmenetelmän valinnassa on kiinnitettävä huomiota mm. rakentamiskustannuksiin, lopputuloksen laatuun, epäonnistumisriskeihin, ympäristölle aiheutuviin vahinkovaaroihin (esim. massanvaihdon yhteydessä) ja liikenteen järjestelymahdollisuuksiin työn aikana.

Pohjanvahvistussuunnitteluun sisältyy lisäksi mm.

- uusien laskuojien sijainnin ja vakavuuden tarkistaminen,
- rumpujen ja niiden jatkosten perustamistapojen määrittäminen pehmeiköillä,
- läjitysalueiden kelpoisuuden selvittäminen.

Pohjanvahvistusmenetelmien suunnitteluohjeita on esitetty mm. julkaisussa TVH 732660 Maarakennusalan tutkimus- ja suunnitteluohjeita, osa IV. Eri menetelmien käyttöä on selostettu myös Rakenteen parantamisen yleisessä työselityksessä (TVH 732401).

3.4 KUIVATUKSEN PARANTAMINEN

Parannettavan tien kuivatuksen suunnittelussa rajoitetaan todellisten puutteiden korjaamiseen ja jätetään, kaikki tyydyttävästi toimivat kuivatusjärjestelyt uusimatta, vaikka niiden mitoitus ei vastaisikaan uusilla teillä noudatettua käytäntöä.

Pintakuivatuksen tärkeimmät osatekijät eli tien oikea sivukaltevuus ja veden esteetön pääsy tien reunoilta sivuojiin hoidetaan päällysrakenteen teon yhteydessä. Kuivatuksen suunnittelu käsittää lähinnä sivuojasuunnitelman ja rumpuja koskevan toimenpideluettelon. Tavoitteena on ensisijaisesti poistaa sivuojista veden virtausta haittaavat esteet. Laskuojia ja tien syväkuivatusta parannetaan siinä laajuudessa kuin tarve vaatii.

Kuivatuksen parantamisen suunnittelua on selostettu tarkemmin teiden suunnitteluohjeiden kohdassa IV 4.7. (ks. myös TVH 732401 Rakenteen parantamisen yleinen työselitys ja teiden suunnitteluohjeiden osa IX Suunnitelmat, kohta 4.4).

3.5 POIKKILEIKKAUKSEN YKSITYISKOHTIEN SUUNNITTELU

Poikkileikkauksen leveyden valintaa on käsitelty edellä kohdassa 1.3. Parannetun tien leveyden ei välttämättä tarvitse olla uusien teiden tyyppipoikkileikkausten mukainen, vaan leveys voidaan valita myös tyyppipoikkileikkausten väliltä.

1. Parannetun tien sovittaminen vanhan tien päälle

Tierakenteen kestävyys kannalta olisi eduksi, jos parannettu tie voidaan sijoittaa keskeisesti vanhan tierungon päälle siten, että mahdollinen levitys on suunnilleen yhtä suuri tien kummallakin puolella. Käytännössä tämä ei ole läheskään aina mahdollista, vaan levitys joudutaan tekemään vaihtelevasti joko yhdelle tai molemmiin puolin tietä. Parannetun tien sijoittamiseen vaikuttavat mm. seuraavat tekijät:

- vanhan tien rakenne ja poikkileikkauksen muoto, käytettävissä oleva tila
- parannetun tien leveys, rakenneratkaisu, luiska- ja kuivatusjärjestelyt, mahdollisuus käyttää vanhoja sivuojia edelleen hyväksi
- olemassa olevat johdot, pylväät ym. laitteet. Suunnittelun aikana on selvitettävä laitteiden siirtotarve ja siirtokustannukset sekä tutkittava, onko edullisempaa sijoittaa ja suunnitella tie siten, että laitesiiirroilta vältytään.
- maisemakysymykset, lopputuloksen ulkonäkö. Erityisesti taajamissa sekä kylien ja tonttien kohdalla on tie pyrittävä suunnittelemaan siten, että olemassa olevat puut ja pensaat voidaan säilyttää ja että parannettu tie ei huononna vanhaa maisemakuvaa. Lopputuloksen laatuun ja toimivuuteen vaikuttavat mm. luiska- ja kuivatusjärjestelyt sekä tasausviivan asema. Tasausviivan tuntuva nostaminen on varsinkin taajamissa ja kylien kohdalla usein haitallista. Näissä kohteissa on yleensä suositeltavampaa tien korottamisen sijasta leikata vanhaa rakennetta.
- rakentamisajankohta, työn aikaisen liikenteen hoito. Jos työ toteutetaan pääosin talvella, on yhdelle puolelle tehty levitys usein halvempaa kuin moleminpuolinen levitys. Myös työn aikaisen liikenteen hoito on tällöin helpompaa.
- tien suuntauksen ja näkemien parantamistarve.

On huomattava, että parannetun tien linjaa ei oikaisu-kohtia lukuunottamatta tarvitse suunnitella täsmällisten matemaattisten elementtien mukaiseksi. Riittää, kun tien linja seuraa "jouhevasti" vanhaa tietä (suunnittelussa kannattaa silti käyttää apuna tielinjan laskentaa varten laadittua ATK-ohjelmaa). Myöskään tien tasausviivan suunnittelussa ei matemaattisten elementtien (viivainten) käyttö ole tarpeen, vaan rakennetta parannettaessa on ensisijaisesti tavoitteena vanhan tien tasausta joustavasti myötäilevä tasausviiva (graafinen tasaus).

2. Sivukaltevuudet

Sivukaltevuudet suoralla tiellä ja kaarteissa suunnitellaan teiden suunnitteluohjeiden kohdan III 2.25 mukaan (ks. myös TVH 732853 Päällystesuunnittelu, liite 1).

Kaarrekohtien sivukaltevuuksia suunniteltaessa on huomattava, että ajonopeudet saattavat käytännössä olla suurempia kuin tielle valittu mitoitusnopeus. Tämä koskee erityisesti maaseutualueen teitä, joiden mitoitusnopeus on alhainen (≤ 60 km/h). Tällaisissa tapauksissa kaarteiden sivukaltevuudet tulisi suunnitella käyttäen lähtökohtana mitoitusnopeutta jonkin verran suurempaa nopeutta.

Taajama-alueella, jossa ajonopeudet ovat pieniä, voidaan kaarteissa käyttää normaalia pienempää sivukaltevuutta tai kaksipuolista sivukaltevuutta. Näin kannattaa menetellä erityisesti silloin, kun tie liittyy kiinteästi rakennuksiin ja tien reunojen korkeusero on saatava mahdollisimman pieneksi.

3. Ajokaistan leveys

Jos parannetun tien leveys on ≤ 9 m, voidaan ajokaistan leveytenä käyttää 3,50 m lisäksi myös leveyksiä 3,00 m ja 3,25 m (ajoradan reunaviivojen väli 6,0 tai 6,5 m). Edellytyksenä on, että tien nopeusrajoitus on enintään 60 km/h, kun kaistan leveys on 3,0 m ja enintään 80 km/h, kun kaistan leveys on 3,25 m. Menettely tähtää piennaralueen kuormituksen pienentämiseen ja kevyen liikenteen turvallisuuden parantamiseen.

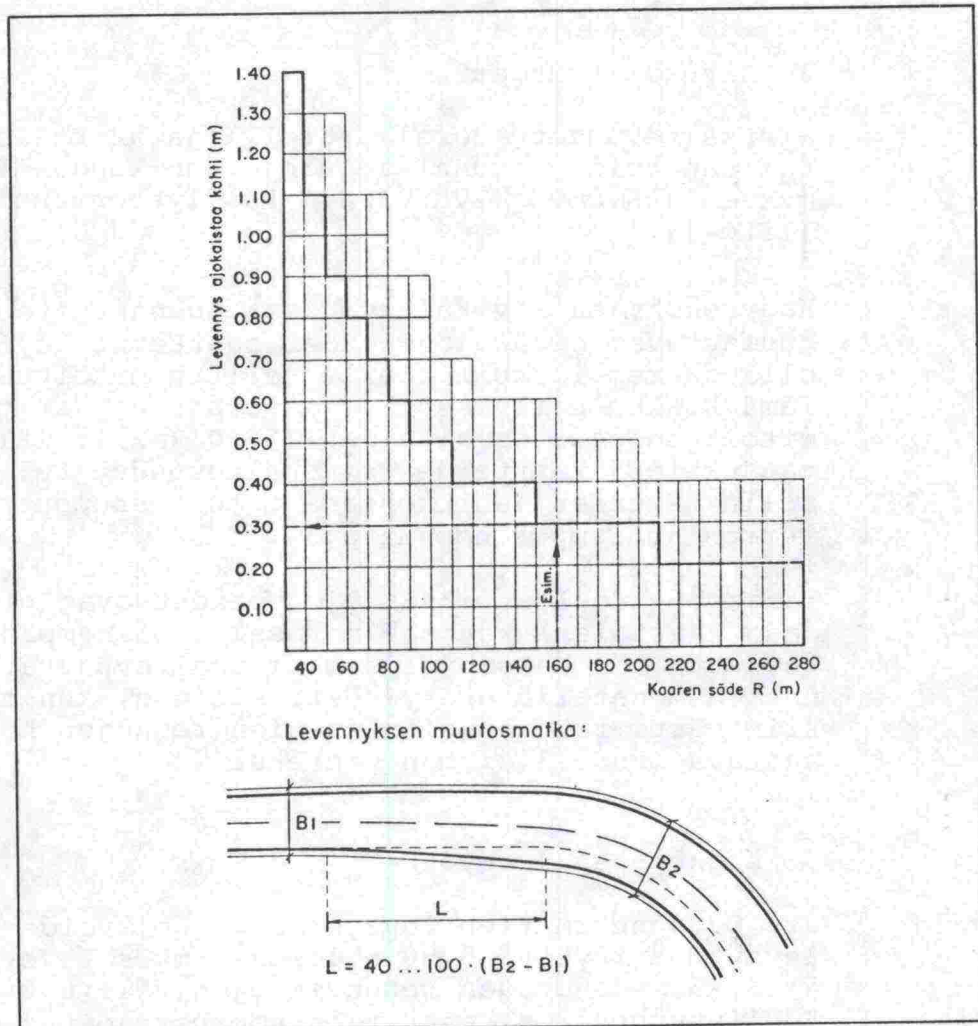
4. Ajoradan leventäminen kaarteissa

Pienisäteisissä kaarteissa tarvittava levennys saadaan kuvasta 20, jossa on esitetty levennys yhtä ajokaistaa kohti.

Tien levennys toteutetaan ennen kaarteen alkua kiilamaisesti matkalla, jonka pituus tien luokasta riippuen on n. 40...100 x ajoradan levennys.

Rakenteen parantamishankkeissa levennystä ei kuitenkaan tarvitse tehdä seuraavissa tapauksissa:

- jos kaarteen keskuskulma on < 5 gonia,
- valta- ja kantateitä lukuunottamatta kaarteissa, joiden säde $R > 150$ m, jos samalla tien leveys on ≥ 7 m ja liikennemäärä KVL $< 1\,500$ ajon/vrk.



Kuva 20.

Ajokaistan levennys tielinjan pienisäteisessä kaarteessa.

ESIMERKKI:

Tien luokka: kokoojatie

Tien poikkileikkaus: 6,0 m

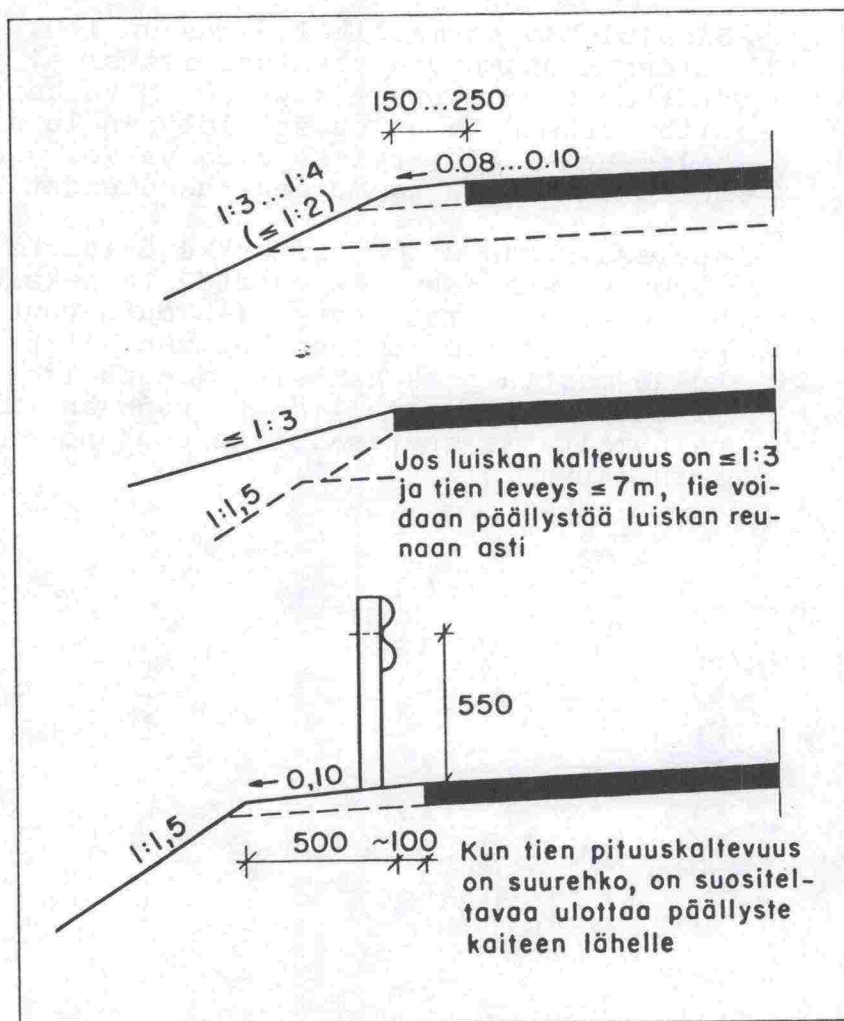
Kaarteen säde: $R = 160$ m

Mikä on tien leveys kaarteen kohdalla ja mikä on levennyksen muutosmatkan pituus?

Kuvan mukaan tarvittava levennys ajokaistaa kohti on 0,30 m.
Tien leveys kaarteen kohdalla on siten $6,0 + 2 \times 0,30 = 6,60$ m.
Levennyksen muutosmatkaksi otetaan $50 \times (6,6 - 6,0) = 30$ m.

5. Tukipientareen leveys

Tukipientareen leveys on normaalisti 0.25...0.15 m. Jos sisäluiskan kaltevuus on 1:3 tai loivempi ja tien leveys ≤ 7 m, voidaan päällyste ulottaa luiskan ja pientareen rajakohtaan asti. Jos tien pituuskaltevuus on suurehko, on kaiteiden kohdalla suositeltavaa päällystää tie kaiteen etureunaan asti (kuva 21).



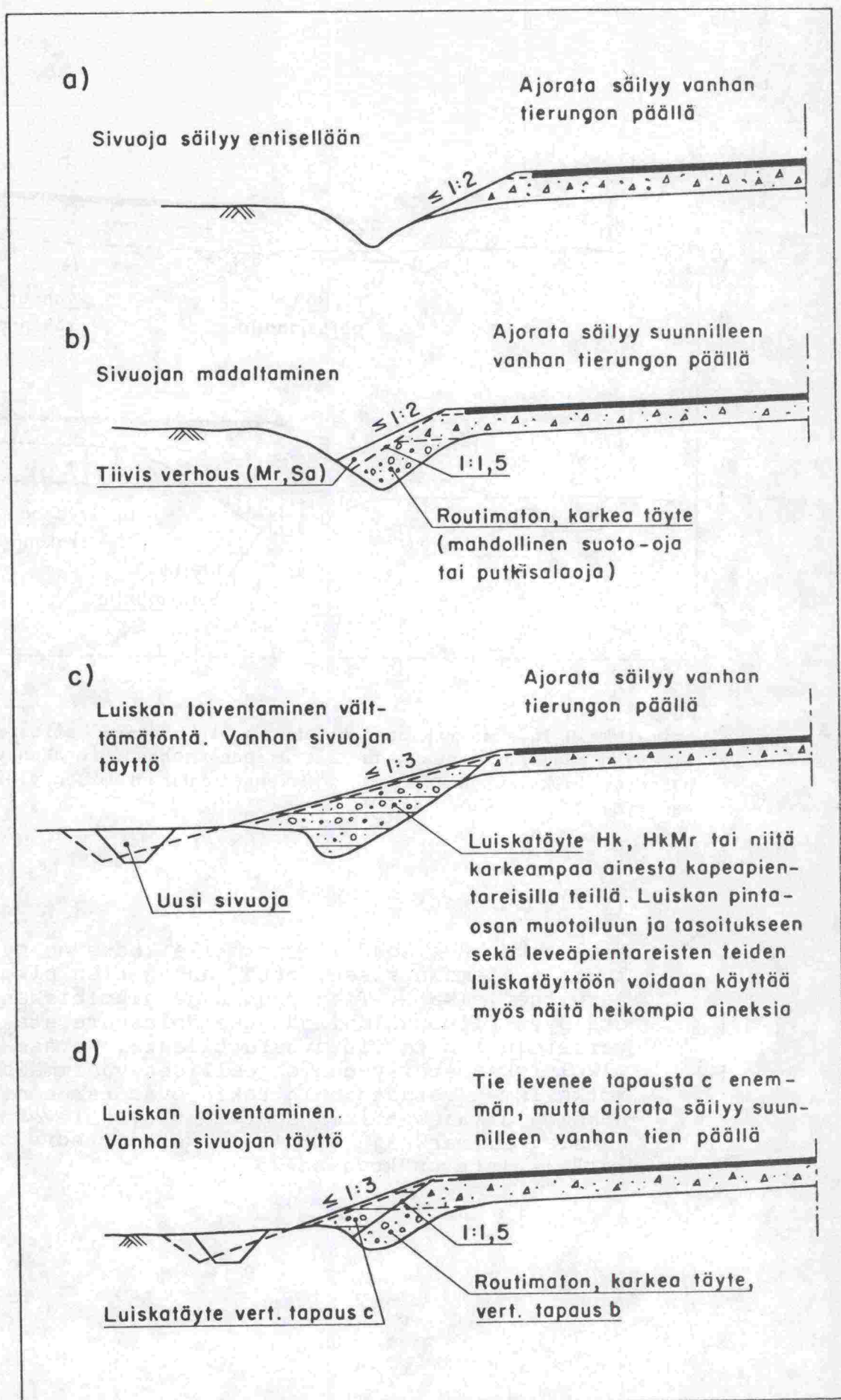
Kuva 21.
Tukipientareen leveys

6. Sisäluiskat

Sisäluiskan kaltevuus ja rakenne vaikuttaa ennen kaikkea tien piennaralueen kestävyYTEEN, mutta myös tien ulkonäköön ja liikenneturvallisuuteen. Jos vanhan tien reuna on vaurioitunut ja heikko, on rakennetta parannettaessa yleensä välttämätöntä loiventaa luiskaa. Tähän päästään madaltamalla vanhaa sivuojaa tai täyttämällä vanha oja riittävän kantavalla aineksella.

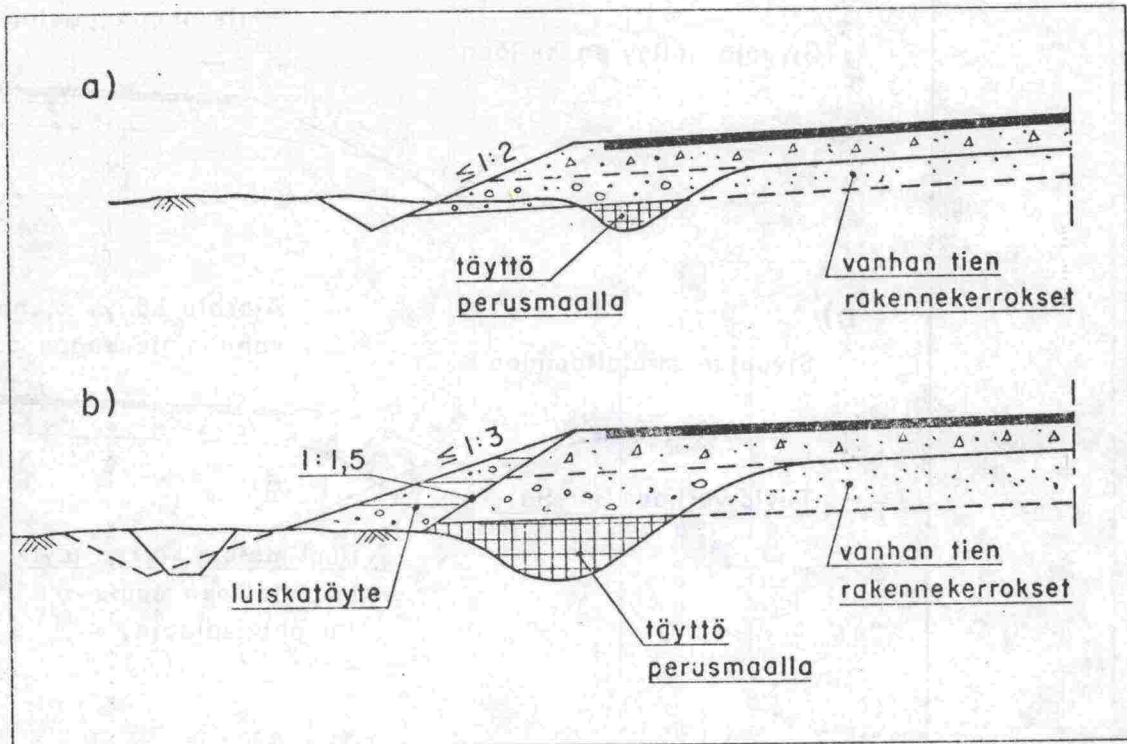
Sisäluiskan normaalikaltevuus on 1:3...1:4 (1:6). Pientareen kantavuuden varmistamiseksi ei jyrkempää kaltevuutta kuin 1:2 tule käyttää. Mitä kapeampi tie on, sitä tärkeämpää on päästä loivaan luiskaan. Luiskan kaltevuuden ei tarvitse olla vakio, vaan se voi vaihdella tilanteen ja muiden rakenteiden mukaan.

Kuvissa 22 ja 23 on esimerkkejä luiska-alueen rakennusratkaisuista. Kuva 22 esittää tapauksia, joissa parannetun tien ajorata pysyy likimain vanhan tierungon päällä. Jos tie levenee enemmän siten, että ajorata tulee osittain vanhan sivuojan päälle, on levennysosa liitettävä perusteellisesti vanhaan rakenteeseen, jotta painumilta ja epätasaisilta routanousuilta välttyttiin (kuva 23).



Kuva 22.

Esimerkkejä luiskan rakenneratkaisuista. Parannetun tien ajorata säilyy likimain vanhan tierungon päällä. Vanhan tien pintaa ei mahdollista pinnan oikomista lukuunottamatta leikata.

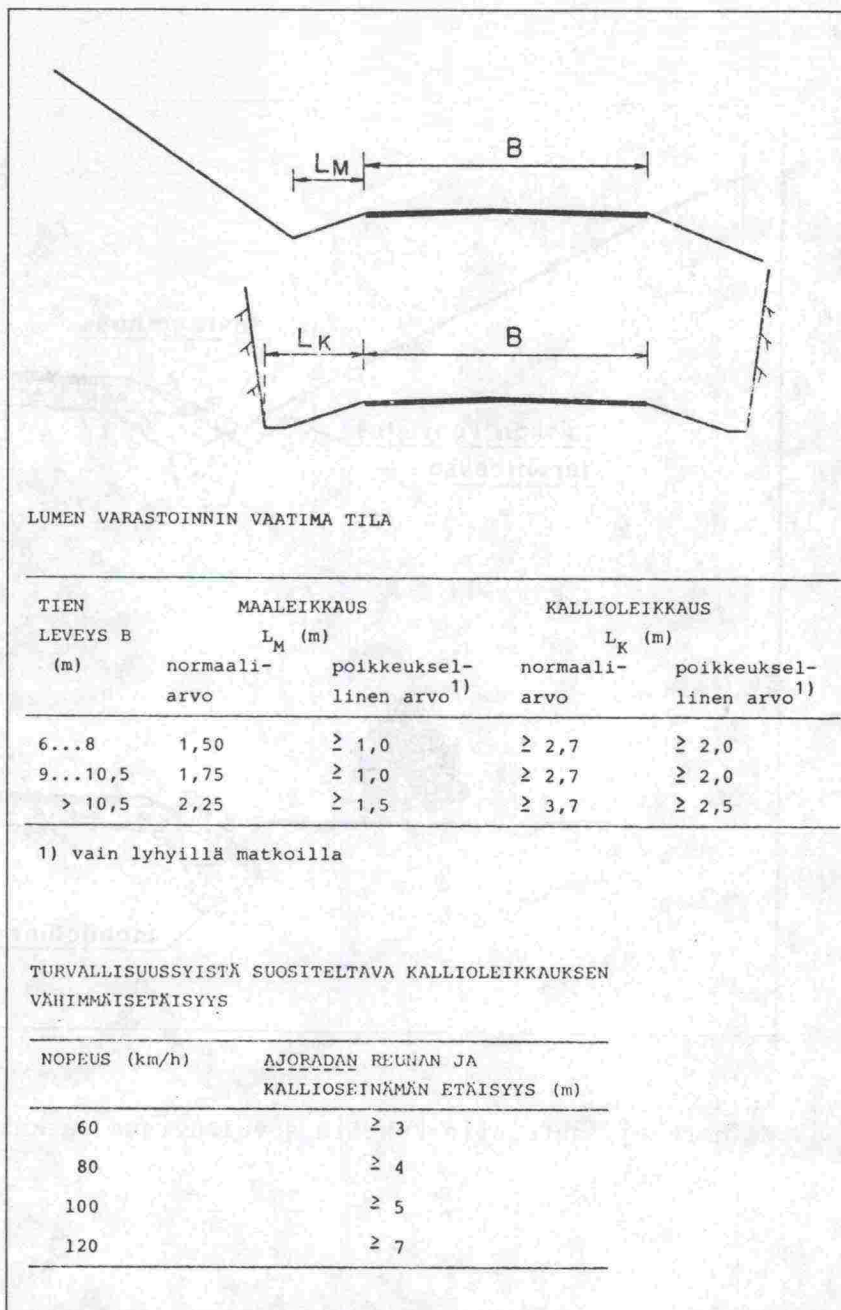


Kuva 23.

Esimerkkejä luiskan rakenteesta, kun ajorata tulee osittain vanhan sivuojan päälle. Levennyksen liittäminen vanhaan tierakenteeseen on esitetty julkaisussa TVH 732401 Rakenteen parantamisen yleinen työselitys.

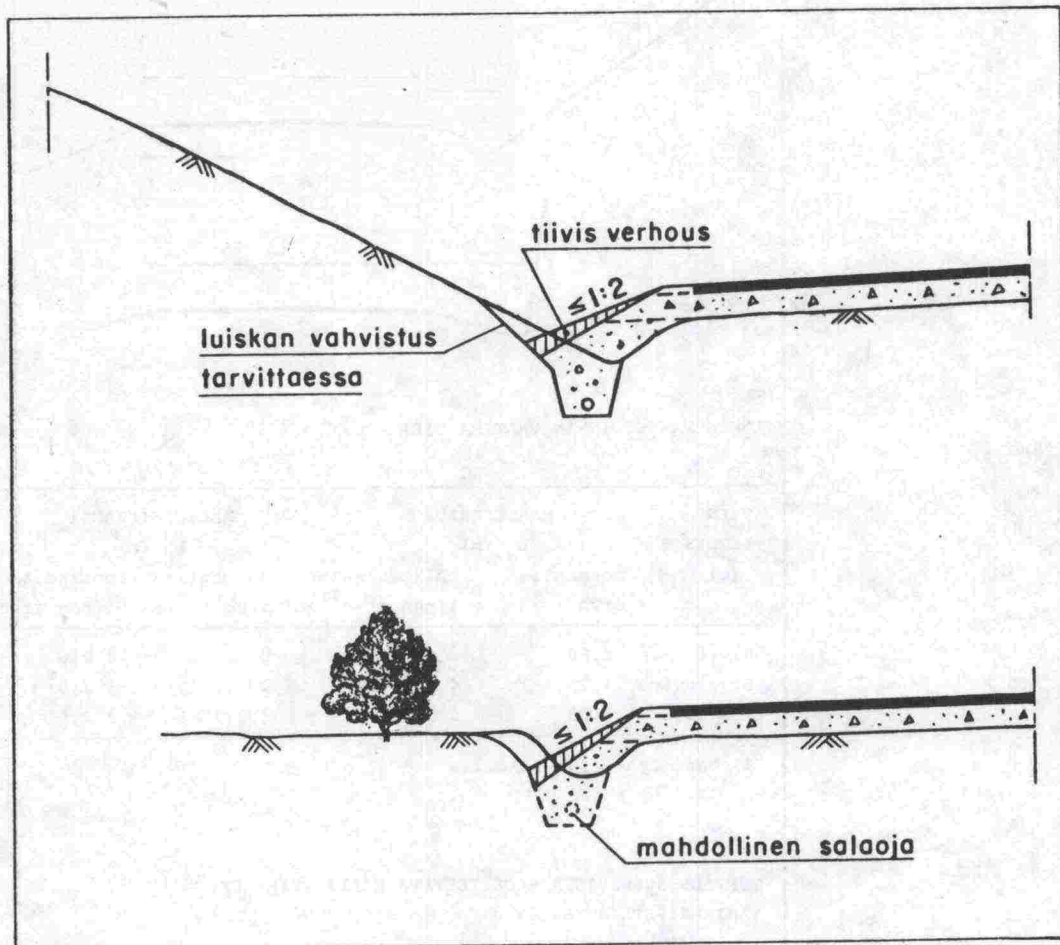
7. Ulkoluiskat

Maaleikkauksen kohdalla poikkileikkaus on pyrittävä suunnittelemaan siten, että vanhan tien ulkoluiskaa ei tarvitse leikata. Tien reunan ja ulkoluiskan välinen etäisyys riippuu lähinnä näkemäolosuhteista ja lumen varastointiin tarvittavasta tilasta. Kuvassa 24 on ulkoluiskan etäisyyden ohjeelliset vähimmäisarvot, jotka lumen varastoinnin takia ovat tarpeen. Riittävän näkemän aikaansaaminen saattaa vaatia leveämpää leikkausta. Esimerkkejä ahtaisiin kohtiin soveltuvista ratkaisuista on kuvassa 25.



Kuva 24.

Leikkausluiskan ohjeelliset vähimmäisetäisyydet. Kuvassa esitettyä leveämpi leikkaus saattaa olla tarpeen riittävän näkemän aikaansaamiseksi.



Kuva 25.
Esimerkkejä ahtaisiin kohtiin soveltuvista ratkaisuista.

PÄÄLLYSRAKENTEEN MITOITUSTAUUKKO (uudet tiet)

Alusrakenteen kantavuusluokka	PÄÄLLYSRAKENTEEN PAKSUUS (mm)				
	PÄÄLLYSRAKENNELUOKKA				
	1 AB	2 AB	3 AB	4 AB	4 ÖS
	$E_p = 410$ $E_k = 170$	$E_p = 350$ $E_k = 170$	$E_p = 265$ $E_k = 160$	$E_p = 185$ $E_k = 150$	$E_p = 140$ $E_k = 125$
A ($E_2 = 300$)	P 160	130	90	50	40
	K 150	150	150	100	100
	J -	-	-	-	-
	S -	-	-	-	-
	<u>320</u>	<u>280</u>	<u>240</u>	<u>150</u>	<u>140</u>
B ($E_2 = 200$)	P 160	130	90	50	40
	K 150	150	150	100	100
	J -	-	-	-	-
	S -	-	-	-	-
	<u>320</u>	<u>280</u>	<u>240</u>	<u>150</u>	<u>140</u>
C 1) ($E_2 = 100$)	P 160 / 160	130 / 130	90 / 90	50 / 50	40
	K 200 / 100	200 / 100	170 / 100	150 / 100	150
	J - / 150	- / 150	- / 150	- / 150	-
	S - / -	- / -	- / -	- / -	-
	<u>360 / 410</u>	<u>330 / 380</u>	<u>260 / 340</u>	<u>200 / 300</u>	<u>190</u>
D 2) ($E_2 = 40$)	P 160 / 160	130 / 130	90 / 90	50 / 50	40 / 40
	K 150 / 150	150 / 150	150 / 150	150 / 150	100 / 100
	J 300 / 270	300 / 270	270 / 230	250 / 200	250 / 200
	S - / 150	- / 150	- / 150	- / 150	- / 150
	<u>610 / 730</u>	<u>580 / 700</u>	<u>510 / 620</u>	<u>450 / 550</u>	<u>390 / 490</u>
E ($E_2 = 20$)	P 160	130	90	50	40
	K 150	150	150	150	100
	J 350	350	300	270	270
	S 200	200	200	200	200
	<u>860</u>	<u>830</u>	<u>740</u>	<u>670</u>	<u>610</u>
F ($E_2 = 10$)	P 160	130	90	50	40
	K 150	150	150	150	100
	J 400	400	360	320	310
	S 250	250	250	250	250
	<u>960</u>	<u>930</u>	<u>850</u>	<u>770</u>	<u>700</u>
G ($E_2 = 5$) (pehmeikkö- maalajit)	P 160	130	90	50	40
	K 150	150	150	150	100
	J 450	450	400	350	350
	S 300	300	300	300	300
	<u>1060</u>	<u>1030</u>	<u>940</u>	<u>850</u>	<u>790</u>

1) jakava kerros tarvitaan, jos pohjamaa on niin tasarakeista, että ei voida tiivistää

2) suodatinkerros tarvitaan, jos jakavan kerroksen rakeisuus poikkeaa alusrakenteen aineksen rakeisuudesta siten, että sekoittumisvaara on olemassa

Taulukko on laskettu käyttäen seuraavia E_2 -kantavuusarvoja:

- suodatinkerros $E_2 = 70 \text{ MN/m}^2$, minimipaksuus 150 mm
- jakava kerros $E_2 = 280 \text{ MN/m}^2$, - " - 150 mm
- kantava kerros $E_2 = 350 \text{ MN/m}^2$, - " - 100 mm

Myös muita kuin taulukossa mainittuja kerrospaksuuksia voidaan käyttää edellyttäen, että tavoitekantavuus E_k päällysteen alta saavutetaan.

PÄÄLLYSRAKENTEEN MITOITUSTATAULUKKO (jatk.)

PÄÄLLYSRAKENTEEN PAKSUUS (mm)					
Alusraken- teen kanta- vuusluokka	PÄÄLLYSRAKENNELUOKKA				
	5 AB	5 ÖS	6 AB	6 ÖS	7 ÖS
	$E_p = 165$ $E_k = 140$	$E_p = 130$ $E_k = 115$	$E_p = 150$ $E_k = 125$	$E_p = 120$ $E_k = 110$	$E_p = 110$ $E_k = 100$
A ($E_2 = 300$)	P 40	40	40	30	30
	K 100	100	100	100	100
	J -	-	-	-	-
	S -	-	-	-	-
	<u>140</u>	<u>140</u>	<u>140</u>	<u>130</u>	<u>130</u>
B ($E_2 = 200$)	P 40	40	40	30	30
	K 100	100	100	100	100
	J -	-	-	-	-
	S -	-	-	-	-
	<u>140</u>	<u>140</u>	<u>140</u>	<u>140</u>	<u>140</u>
C 1) ($E_2 = 100$)	P 40 / 40	40	40/ 40	30	30
	K 130 / 100	100	100/100	100	100
	J - / 150	-	- / 150	-	-
	S - / -	-	- / -	-	-
	<u>170</u> <u>290</u>	<u>140</u>	<u>140/290</u>	<u>130</u>	<u>130</u>
2) D ($E_2 = 40$)	P 40 / 40	40 / 40	40/40	30/30	30/30
	K 100 / 100	100 / 100	100/100	100/100	100/100
	J 280 / 240	200 / 160	230/200	180/150	150/150
	S - / 150	- / 150	- / 150	- / 150	- / 150
	<u>420</u> <u>530</u>	<u>340</u> <u>450</u>	<u>370/490</u>	<u>310/430</u>	<u>280/430</u>
E ($E_2 = 20$)	P 40	40	40	30	30
	K 100	100	100	100	100
	J 300	230	260	200	180
	S 200	200	200	200	200
	<u>640</u>	<u>570</u>	<u>600</u>	<u>530</u>	<u>510</u>
F ($E_2 = 10$)	P 40	40	40	30	30
	K 100	100	100	100	100
	J 360	270	310	250	220
	S 250	250	250	250	250
	<u>750</u>	<u>660</u>	<u>700</u>	<u>630</u>	<u>600</u>
G ($E_2 = 5$) (pöhmeikkö- maalajit)	P 40	40	40	30	30
	K 100	100	100	100	100
	J 380	300	350	250	250
	S 300	300	300	300	300
	<u>820</u>	<u>740</u>	<u>790</u>	<u>710</u>	<u>680</u>